

Universidad Católica de Santa María
Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales
Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica,
Mecánica-Eléctrica y Mecatrónica



**MODELAMIENTO DE UNA DOMO PARA EL ENCAPSULAMIENTO DE
MATERIALES FINOS EN EL PROCESO DE MOLIENDA PARA Y CONTROL DE
POLVO**

Tesis presentada por el Bachiller:

Quispe Flores, Christopher Neptali

**Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Mecánico**

Asesor:

Mgter. Carpio Rivera, Marco Antonio

Arequipa – Perú

2020

DICTAMEN APROBATORIO

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
INGENIERIA MECANICA, MECANICA-ELECTRICA Y MECATRONICA
DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR DE TESIS

Arequipa, 18 de Noviembre de 2020

Dictamen: 001345-C-EPIMMEM-2020

Visto el borrador de tesis del expediente 001345, presentado por:

2009601961 - QUISPE FLORES CHRISTOPHER NEPTALI

Titulado:

**MODELAMIENTO DE UNA DOMO PARA EL ENCAPSULAMIENTO DE MATERIALES FINOS EN EL
PROCESO DE MOLIENDA PARA Y CONTROL DE POLVO**

Nuestro dictamen es:

APROBADO

1893 - CASTRO VALDIVIA JORGE LUIS
DICTAMINADOR

1895 - CARPIO RIVERA MARCO ANTONIO
DICTAMINADOR



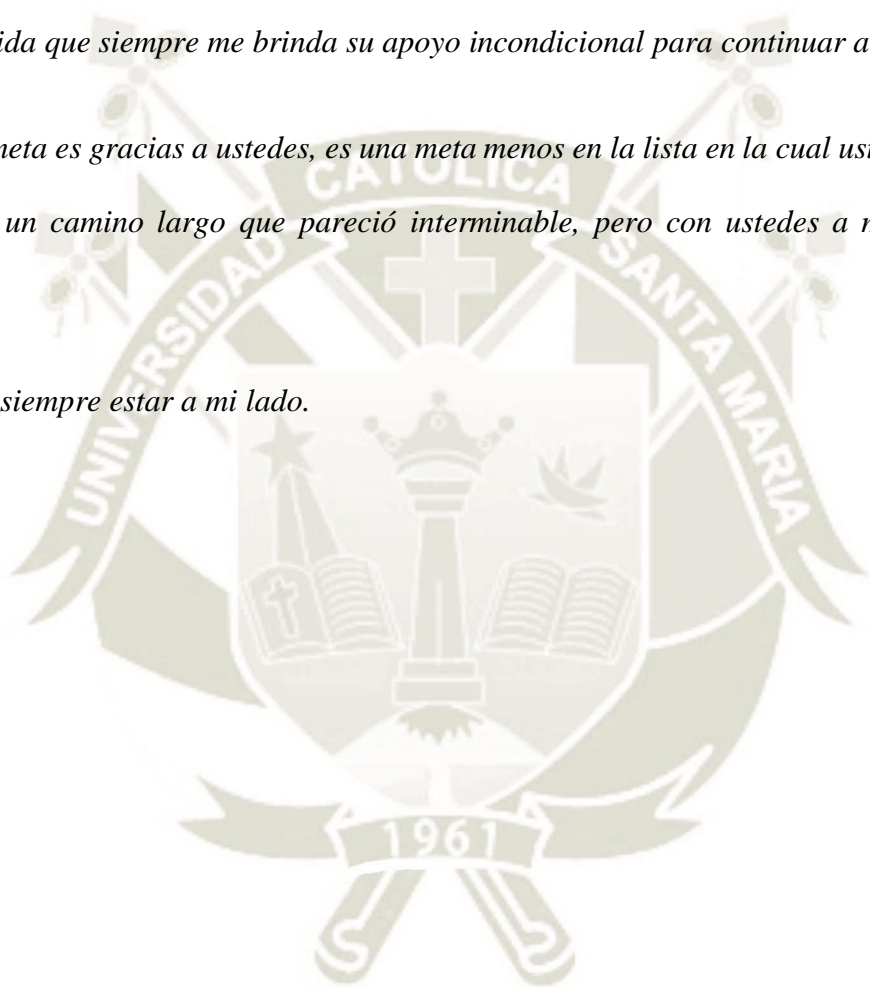
DEDICATORIA

Dedico todo este esfuerzo principalmente a mi familia que siempre me apoyo a pesar de todas las adversidades, ellos sentaron en mi toda la base de mi superación personal, así como el respeto y la responsabilidad.

A mi prometida que siempre me brinda su apoyo incondicional para continuar avanzando.

Esta nueva meta es gracias a ustedes, es una meta menos en la lista en la cual ustedes siempre me apoyan, fue un camino largo que pareció interminable, pero con ustedes a mi lado se logró concluir.

Gracias por siempre estar a mi lado.



AGRADECIMIENTO

Agradezco inmensamente a mis formadores que son mis docentes los cuales me llevaron a amar esta carrera y dar todo mi empeño y dedicación para ser un excelente profesional.

Fácil no fue este camino que escogí seguir ya que hubo un sinfín de obstáculos los cuales fueron superados con cada enseñanza transmitida por mis docentes, eh logrado obtener grandes objetivos como concluir esta tesis con satisfacción y así lograr obtener una positiva aprobación.



RESUMEN

Los domos son estructuras de forma de cúpula o bóveda de apariencia similar a una media esfera, el cual se utiliza para encapsular zonas de producción de polvo, viviendas y otras aplicaciones industriales. El modelamiento del domo mediante software de diseño nos permitirá seleccionar configuraciones estructurales posibles para su fabricación y montaje.

El trabajo de investigación tiene como objetivo principal realizar el modelamiento de un domo para el encapsulamiento de materiales finos y polvo emitido durante el proceso de almacenamiento del material proveniente del área de chancado y molienda, utilizando software de diseño como son el SAP 2000 y el AutoCAD.

El método utilizado para el desarrollo de la investigación es mediante el análisis estructural propuesto por el AISC denominado Diseño por Factores de Carga y Resistencia ó Estados límites o LRFD en sus siglas en inglés, también se utilizó las normas técnicas peruanas como son NTP E020, NTP E030 y NTP E090.

Como resultado se concluye que el modelamiento del domo realizando el análisis estructural y comparativo de dos configuraciones distintas nos permite seleccionar la estructura tipo domo de frecuencia 3V, también se logró seleccionar los perfiles estructurales para ambos tipos de Domo, realizar el metrado y la estimación de los costos de fabricación para cada tipo de domo, observando que existe una gran diferencia económica para la fabricación y montaje de ambas estructuras.

Palabras Clave: Domo Geodésico, Encapsulamiento, Modelamiento.

ABSTRACT

Domes are dome or vaulted structures that look like a half-sphere, which are used to encapsulate dust production areas, homes and other industrial applications. Modeling the dome using design software will allow us to select possible structural configurations for manufacture and assembly.

The main objective of the research work is to model a dome for the encapsulation of fine materials and dust emitted during the storage process of the material coming from the crushing and grinding area, using design software such as SAP 2000 and AutoCAD.

The method used for the development of the research is through the structural analysis proposed by the AISC called Design by Load and Resistance Factors or Limit States or LRFD in its acronym in English, also used the Peruvian technical standards such as NTP E020, NTP E030 and NTP E090.

As a result, it is concluded that the modeling of the dome performing the structural and comparative analysis of two different configurations allows us to select the 3V frequency dome structure. We were also able to select the structural profiles for both types of domes, perform the metering and estimate the manufacturing costs for each type of dome, noting that there is a great economic difference for the manufacture and assembly of both structures.

Keywords: Geodesic Dome, Encapsulation, Modeling.

INTRODUCCION

En los procesos de extracción de minerales en la actualidad se producen una gran cantidad de material particulado el cual se produce en las diferentes áreas como en la perforación y voladura, procesos de chancado y molienda; lugar en el cual se reduce el tamaño de las rocas que contienen el mineral.

El lugar donde se tiene una mayor demanda de producción de material particulado es en el área de chancado, el cual representa la mayor cantidad de contaminación del medio ambiente ya que el material particulado se presenta en forma de nubes de polvo afectando al entorno en general de una unidad minera, población, fauna y flora que se encuentra alrededor de la unidad minera.

Es importante implementar un sistema de mitigación y control de polvo y material particulado utilizando como sistema de mitigación el modelamiento de un domo de encapsulamiento de materiales finos en los procesos de molienda, con el fin de evitar la propagación del material contaminante a las poblaciones cercanas.

El presente proyecto se encuentra conformado por los siguientes capítulos donde se muestra la descripción del proyecto.

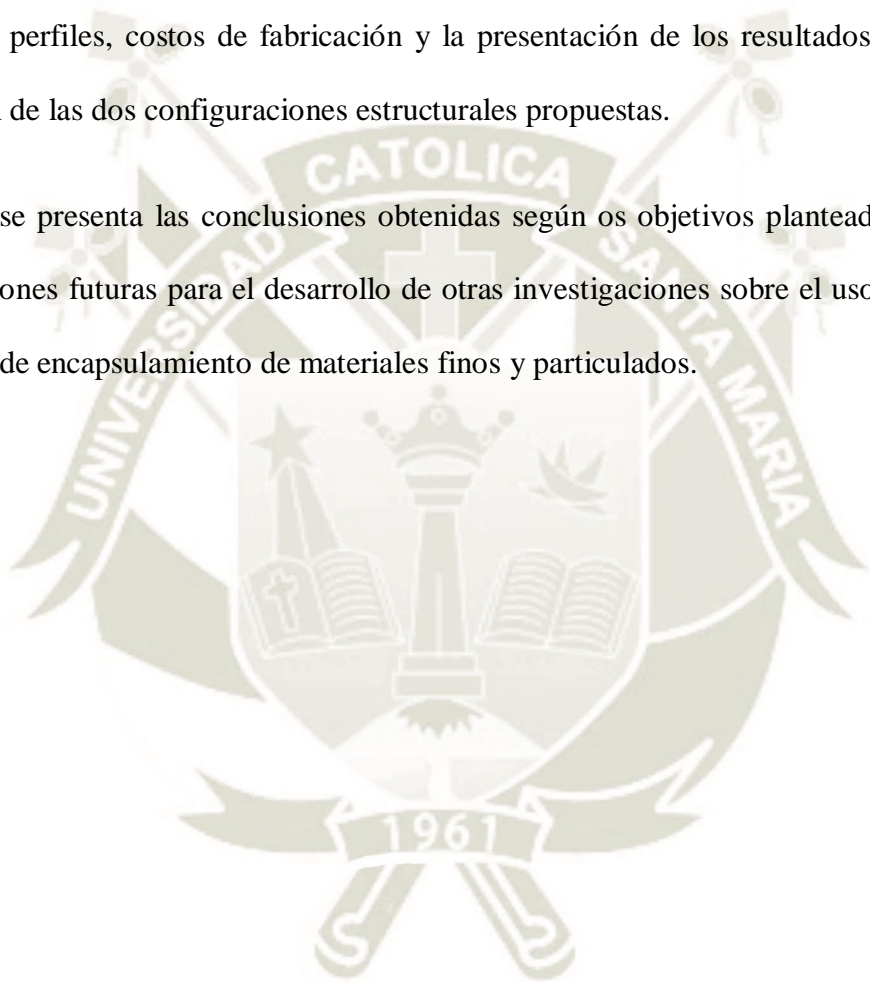
En el Capítulo I se encuentra desarrollado el planteamiento metodológico que está constituido por la descripción del problema, los objetivos, justificación, alcances, limitaciones y los antecedentes de la investigación realizada.

En el Capítulo II se encuentra el fundamento teórico donde se desarrollará los diferentes conceptos básicos y teóricos que se encuentran relacionados a las variables de investigación.

En el Capítulo III se desarrolla y especifica la metodología escogida para el diseño y calculo estructural, también las herramientas que se utilizaran y las dimensiones propuestas para el diseño y modelamiento del domo.

En el Capítulo IV se desarrolla y describe el proceso para el modelamiento, análisis de cargas, selección de perfiles, costos de fabricación y la presentación de los resultados obtenidos de la comparación de las dos configuraciones estructurales propuestas.

Finalizando se presenta las conclusiones obtenidas según os objetivos planteados y se hace las recomendaciones futuras para el desarrollo de otras investigaciones sobre el uso de los domos y los métodos de encapsulamiento de materiales finos y particulados.



INDICE

DICTAMEN APROBATORIO	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTO	IV
RESUMEN	V
ABSTRACT	VI
INTRODUCCION	VII
CAPITULO I.....	2
1. PLANTEAMIENTO METODOLOGICO.....	2
1.1 Determinación del Problema.....	2
1.2 Enunciado del Problema.	2
1.2.1 Problema General.	2
1.2.2 Problema Específico.	3
1.3 Objetivos de Investigación.	3
1.3.1 >Objetivo General.....	3
1.3.2 Objetivos Específicos.....	3
1.4 Justificación.	3
1.5 Alcances y Limitaciones.	5
1.5.1 Alcances.	5
1.5.2 Limitaciones.	5
1.6 Antecedentes.	5
1.7 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	7

CAPITULO II	8
2. MARCO TEÓRICO	8
2.1. CONMINUCIÓN DEL MINERAL	8
2.1.1. Fases de la Conminución.	8
2.1.....	9
2.1.2. Equipos para la conminución.....	10
2.1.3. Etapas de la Conminución.	12
2.2. StockPiles.....	13
2.2.1. Stockpile Cónico:	15
2.2.2. Stockpile Prismático:.....	17
2.2.3. Generación de Polvo.....	18
2.2.4. Capacidad de Almacenamiento.....	18
2.3. Polvo.....	20
2.3.1. Diámetro Aerodinámico	22
2.3.2. PM 10 & PM 2,5	22
2.3.3. Control y monitoreo de Partículas.....	23
2.4. Doms	25
2.4.1. Partes del domo	27
2.4.2. Tipos de domos.	29
2.4.3. Aplicaciones de los domos	33
2.4.4. Materiales de fabricación.....	35
2.4.5. Dimensiones del domo.	37
2.5. Modelamiento del domo	39
2.5.1. Programas de modelamiento y/o análisis	39
2.5.2. Cargas del diseño	45
CAPITULO III.....	46
3. METODOLOGIA DEL DISEÑO Y MODELAMIENTO	46
3.1. Metodología del diseño	46
3.2. Herramientas del diseño.....	46
3.3. Propuesta del diseño del domo.....	47

3.3.1.	Dimensiones propuestas	47
3.3.2.	Materiales propuestos	47
3.4.	Configuración estructural propuesto.....	48
3.4.1.	Configuración estructural Tipo I.....	48
3.4.2.	Configuración estructural Tipo II o Geodésico.....	50
CAPITULO IV	52
4.	MODELAMIENTO Y ANALISIS ESTRUCTURAL DEL DOMO	52
4.1.	Domo estructural Tipo I.....	52
4.1.1.	Modelamiento del domo Tipo I	52
4.1.2.	Análisis estructural del Domo Tipo 1	53
4.1.3.	Análisis y asignación de cargas.....	53
4.1.4.	Combinación de cargas.....	60
4.1.5.	Selección de perfil.....	63
4.1.6.	Pernos de anclaje.....	64
4.1.7.	Costos de fabricación	74
4.2.	Domo estructural Tipo II	74
4.2.1.	Modelamiento del domo Tipo II	74
4.2.2.	Análisis estructural del Domo Tipo II	76
4.2.3.	Análisis y asignación de cargas.....	76
4.2.4.	Combinación de cargas.....	81
4.2.5.	Selección de perfil.....	83
4.2.6.	Pernos de anclaje.....	84
4.2.7.	Costo de fabricación	92
4.3.	Resultados comparativos de los domos Tipo I y Tipo II	92
CONCLUSIONES.....	94
RECOMENDACIONES	95
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	96
PLANOS.....	100
ANEXOS	106

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Propiedades Mecánicas del Acero A36	47
Tabla 2. <i>Propiedades generales de la cobertura TR4</i>	48
Tabla 3. <i>Estructura de frecuencia 3V</i>	50
Tabla 4. <i>Requerimiento de material para la construcción del domo.</i>	51
Tabla 5 <i>Altura por Niveles del Domo Tipo 1</i>	55
Tabla 6 <i>Velocidades de diseño</i>	56
Tabla 7 <i>Carga Exterior de Viento</i>	57
Tabla 8 <i>Perfiles Seleccionadas para Domo Tipo 1</i>	64
Tabla 9 <i>Cobertura Seleccionada para el Domo Tipo 1</i>	64
Tabla 10 <i>Coordenadas de los Pernos</i>	70
Tabla 11 <i>Propiedades del grupo de pernos</i>	70
Tabla 12 <i>Posición de carga y datos</i>	70
Tabla 11 <i>Resultados de las Fuerzas Resultantes</i>	72
Tabla 14 <i>Costo de Fabricación del Domo Tipo 1</i>	74
Tabla 15. <i>Requerimiento de material para la construcción del domo.</i>	76
Tabla 16 <i>Niveles de Altura del Domo Tipo 2</i>	78
Tabla 17 <i>Velocidad de Diseño a cada Altura</i>	78
Tabla 18 <i>Carga Exterior de Viento, Domo Tipo 2</i>	79
Tabla 19 <i>Cobertura Seleccionada para el Domo Tipo 2</i>	84
Tabla 20 <i>Cobertura Seleccionada para el Domo tipo 2</i>	84
Tabla 21 <i>Coordenadas de los pernos del Domo Tipo II</i>	89
Tabla 22 <i>Propiedades del grupo de pernos del Domo Tipo II</i>	89

Tabla 23 <i>Posición de carga y datos del Domo Tipo II</i>	89
Tabla 24 <i>Resultados de las Fuerzas Resultantes del Domo Tipo II</i>	90
Tabla 25 <i>Costo de Fabricación del Domo Tipo 2</i>	92
Tabla 26 <i>Tabla de Resultados</i>	92



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Comportamiento Natural de reducción de tamaño	Fuente: Moreyra C., Yabar M. & Benavides, D (2014)	10
Figura 2. Flow Sheet de Procesos de Chancado y Moliendo. Fuente: IDMining (2019).		12
Figura 3 Cargador Frontal formando un Stockpile Fuente: iStock (2019)		14
Figura 4 Stockpile por Correa transportadora		14
Figura 5 Ejemplos de Stockpiles Cónicos Fuente: Conley (2012)		16
Figura 6 Stockpile Prismático		17
Figura 7 Principales Formas de Stockpiles		18
Figura 8 Flujo de un Stockpile Fuente: Cabrejos (2015)		19
Figura 9 Medidor de Partículas HHTP21 Fuente: Omega Engineering (2019)		24
Figura 10. Aplicación de Domos en la Minería.		26
Figura 11 Nodos Fuente: Perez (2018)		27
Figura 12. Domo de Hormigón.		30
Figura 13. Domo con estructura reticulada de acero.		31
Figura 14. Domo soportado por aire.		32
Figura 15 Domo geodesio para campamento. Fuente: Hurtado J. (2019)		33
Figura 16 Domo-Vivienda		35
Figura 17. Materiales en los Domos.		37
Figura 18. Calculo para Dimensionar Domos.		38
Figura 19. Dimensionamiento del domo.		38
Figura 20 Esfera dividida a partir de un icosaedro.		39
Figura 21. Entorno de Modelado 3d en AutoCad		40

Figura 22. Modelamiento de una Nave industrial en Sap2000	41
Figura 23. Pantalla inicial de Sap2000	41
Figura 24. Plantillas para la Creacion y Generacion de Modelos	42
Figura 25. Entorno de Solidworks	43
Figura 26. Simulación en Solidworks.....	43
Figura 27. Modelado de estructuras en Tekla	44
Figura 28. Uniones en Tekla	44
Figura 29. Diseño de uniones en Tekla.....	45
Figura 30. Menú de estructuras paramétricas para domos.....	49
Figura 31. Medidas para el diseño paramétrico del domo	49
Figura 32. Modelo de domo geodésico con Desert Domes	51
Figura 33. Medidas para el diseño paramétrico del domo	52
Figura 34. Domo Modelado	53
Figura 35. Modelado de Domo Tipo 1 con Carga Viva de Techo	54
Figura 36. Modelado del domo con las cargas de viento.....	58
Figura 37. Datos espectro sísmico.....	59
Figura 38. Espectro sísmico	60
Figura 39. Mapa del análisis de demanda - capacidad de los perfiles del domo.....	63
Figura 40. Valor de las reacciones para el cálculo de los pernos de anclaje.....	65
Figura 41. Especificaciones para perno de anclaje Hilti HY 200.....	66
Figura 42. Cargas exportadas de SAP 2000 a HILTI PROFIS en unidades inglesas.....	66
Figura 43. Esquema de cargas aplicadas al anclaje	67
Figura 44. Pernos recomendados para el anclaje según las cargas en los apoyos del domo.....	67

Figura 45 Vista de planta de la configuración de pernos	68
Figura 46. Vista de elevación de la configuración de pernos.....	69
Figura 47. Coordenadas de los pernos	69
Figura 48. Perno de anclaje HIT-HY 200 + HAS-B-105	73
Figura 49. Modelado del Domo Tipo II en AUTOCAD	75
Figura 50. Modelado de Domo Tipo II.....	75
Figura 51. Modelado de Domo Tipo 1 con Carga Viva de Techo	77
Figura 52. Modelado del Domo Tipo 2 con las Cargas de Viento	79
Figura 53. Datos espectro sísmico.....	80
Figura 54. Espectro sísmico	81
Figura 55. Mapa del análisis de demanda - capacidad de los perfiles del Domo Tipo II. ..	83
Figura 56. Valor de las reacciones para el cálculo de los pernos de anclaje.....	85
Figura 57. Especificaciones para perno de anclaje Hilti HY 200.....	86
Figura 58. Cargas exportadas de SAP 2000 a HILTI PROFIS en unidades inglesas.....	86
Figura 59. Esquema de cargas aplicadas al anclaje	87
Figura 60. Pernos recomendados para el anclaje según las cargas en los apoyos del domo.87	
Figura 61 Configuración de pernos del Domo Tipo II	88
Figura 62. Perno de anclaje HIT-HY 200 + HAS-B-105	92

CAPITULO I

1. PLANTEAMIENTO METODOLOGICO.

1.1 DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA.

Una de los problemas más comunes que se presentan en el proceso de extracción de minerales es la generación de material particulado, producto de la perforación y voladura, seguidamente del proceso de chancado y molienda donde se reduce el tamaño del mineral, este material es almacenado para abastecer los siguientes procesos de obtención del mineral.

El almacenamiento del material proveniente del área de molienda, se realiza en los llamados patios de acopio o stock pile, siendo transportado este material mediante fajas de diferentes longitudes hacia el punto de acopio, generando durante la descarga, polvo compuesto con material particulado que puede generar contaminación ambiental y perjudicar a la salud de las personas.

Teniendo en cuenta las siguientes condiciones como, tamaño de unidad minera, la ubicación, clima, medio ambiente, cercanía a la población y volumen de producción almacenada, se realiza la investigación para demostrar los beneficios que se obtendrán al construir una barrera tipo domo para controlar la emisión de material particulado y su propagación por estar cerca de la ciudad.

El problema de esta investigación es poder dimensionar, diseñar y modelar la estructura, de forma que se pueda generar los planos de construcción evaluando las condiciones de la zona determinada donde se ubica la unidad minera, calcular los costos de fabricación y montaje.

1.2 ENUNCIADO DEL PROBLEMA.

1.2.1 Problema General.

¿Cómo modelar un domo para el encapsulamiento de materiales finos en el proceso de molienda para y control de polvo?

1.2.2 Problema Específico.

- ¿Cómo realizar el análisis de la estructura modelada del domo utilizando software de diseño?
- ¿Cómo realizar la comparación de dos configuraciones estructurales y perfiles para el modelamiento del domo?
- ¿Cómo determinar el metraje y costos para la futura fabricación del domo?

1.3 OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN.

1.3.1 >Objetivo General.

Modelar una estructura tipo domo para el encapsulamiento de materiales finos y polvo emitido durante el proceso de almacenamiento del material proveniente del área de chancado y molienda.

1.3.2 Objetivos Específicos.

- Realizar el análisis de la estructura modelada del domo utilizando normas de diseño internacional y nacionales.
- Realizar la comparación de dos configuraciones estructurales y perfiles para el modelamiento del domo.
- Determinar el metraje y costos para la futura fabricación del domo.

1.4 JUSTIFICACIÓN.

El presente trabajo de investigación busca modelar una estructura tipo domo, aplicando los conocimientos adquiridos durante el proceso de formación académica, experiencia propia en el ámbito laboral y profesional.

La construcción de una estructura tipo domo para el encapsulamiento y protección de contaminación por emisión de materiales peligrosos tipo polvo, producto de los procesos de extracción y almacenamiento de minerales en la industria minera a nivel mundial, nacional y local es uno de los métodos que se aplica para mitigar y disminuir a los valores estándar según los exige la normativa legal de cada país.

El diseño y modelamiento de la estructura del domo se realizará mediante software de diseño mecánico, que nos permitirán calcular las dimensiones, materiales, costo de fabricación y demás recursos que se necesiten para su construcción.

Los cálculos se realizarán según lo aprendido en el proceso de formación y experiencia laboral, basándose en las normas nacionales, normas y estándares internacionales de diseño.

El domo actuara como una barrera de protección, conteniendo el polvo emitido dentro de la estructura evitando la contaminación del medio ambiente sin perjudicar a la población y comunidades circundantes.

Esta investigación es importante desde varios puntos de vista, siendo uno de ellos los requerimientos establecidos por la ley de seguridad y salud en el trabajo 29783, para la mitigación de polvo, para prevenir enfermedades ocupacionales y no alterar el medio ambiente ni a las poblaciones que viven en los alrededores de la unidad minera de la ciudad de Arequipa.

El presente trabajo de investigación se justifica porque permite aplicar los conocimientos adquiridos para diseñar, modelar y calcular todo lo necesario para la construcción de la estructura de encapsulamiento tipo domo, además permite que la minera mejore sus estándares de seguridad según requerimiento de la ley peruana y cuide la salud de los trabajadores, medio ambiente sin afectar sus condiciones de vida

1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES.

1.5.1 Alcances.

En el presente proyecto que se desarrollo tiene como alcance mitigar y controlar el polvo producido en los procesos de molienda utilizando como medida de mitigación el modelamiento de un domo para encapsular los materiales finos que se encuentran es este tipo de procesos y así evitar la contaminación al medio ambiente y la perdida de material.

En este presente proyecto no se profundizará en el tema de costos específicos.

1.5.2 Limitaciones.

Para que este proyecto se hará realidad se tuvo el acceso a toda la información e informes de las medidas de mitigación y la cantidad de polvo y materiales finos que aparecen en los procesos de molienda, donde no se tuvo limitación alguna para poder realizar el proyecto.

1.6 ANTECEDENTES.

A nivel internacional, nacional y local se han realizado estudios similares a la presente investigación, las cuales se mencionan a continuación:

Sagastegui (Lima - 2012), en la tesis titulada “Propuesta para Reducir las Emisiones de Polvo Fugitivo en el Proceso Productivo de una Empresa Cementera” donde el objetivo general fue reducir las emisiones de polvo que son emitidas en los procesos productivos por la empresa Canterera, siendo una investigación de tipo descriptiva para finalmente llegar a la conclusión que gracias a esta nueva propuesta se pudo analizar y mitigar la cantidad de polvos que se crean en el proceso.

Aravena & Vásquez (Chile - 2015), en la tesis titulada “Diseño Dinámico y Estructural de una Medialuna Cubierta para Training” que tuvo como objetivo general la implementación de un sistema mecánico que permita la simulación de una carrera de rodeo utilizando un control lógico probable (PLC) donde se analizara las condiciones necesarias para tener un entrenamiento de calidad siendo una investigación de tipo descriptivo llegando a la conclusión que todo comienza de la recolección de información de las múltiples vistas del terreno y consulta de las personas allegadas al ambiente ubicado permitiendo una mejora en el ambiente de entrenamiento.

Canadell (España - 2014) en su tesis titulada “Estudio Estructural de Domos Realizados con la Técnica de Falsa Cúpula y Superadobe” que tuvo como objetivo general estudiar el comportamiento de las cúpulas con distintas curvaturas en altura donde se desarrollara el modelo de cálculo para realizar comprobaciones estructurales siendo un estudio de tipo descriptivo llegando a concluir que con el desarrollo de la base de cálculo para realizar comprobaciones estructurales.

Pérez (Cuba - 2012), en su tesis titulada “Análisis y Modelamiento de Domos de Aluminio para la Construcción de Tanques de Combustible” donde el objetivo general es automatizar

todos los procesos de cálculo para facilitar el desarrollo de los domos de diferentes descripciones analizándolo mediante softwares de aplicación, la investigación fue de tipo cualitativa y cuantitativa donde se llegó a la conclusión que gracias al análisis y modelamiento se esta estructura se puede observar los parámetros que deben tomar en cuenta al diseñar un domo.

Chipana (Perú - 2018), en sus tesis titulada “Diseño del Sistema de Captación de Polvo Centralizada para el Control del Impacto Ambiental en la Sociedad Minera Corona” donde el objetivo general es diseñar un sistema de captación de polvos centralizada para el control del impacto ambiental en la sociedad minera, la investigación fue de tipo cuantitativo llegando a la conclusión que durante los procesos de chancado se mejoró las condiciones de trabajo ya que este sistema de captación de polvo ayuda a reducir el impacto ambiental.

Tejada (Arequipa - 2018), en su tesis titulada “Implementación de un Sistema de Mitigación de Material Particulado en el Área de Chancado Mediante la Aplicación de Niebla Seca en la Unidad Belén de la Empresa Minera Titán del Perú S.R.L.”, teniendo como objetivo general la implementación de un sistema de mitigación de material particulado mediante aplicación de niebla seca en los procesos de chancado del mineral en la unidad de producción minera Belén, siendo una investigación de tipo experimental donde se llegó a concluir que al analizar e interpretar la comparación de los estándares de calidad ambiental de aire está comprobado mediante los decretos supremos y normas que gracias a este nuevo sistema están dentro de los parámetros establecidos por norma.

1.7 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

El material particulado producto del proceso de extracción de minerales representa una de las causas principales de contaminación del medio ambiente, el material particulado se manifiesta como una nube de polvo la cual afecta a todo el entorno de la unidad minera, población, fauna y flora.

Se debe implementar sistemas de mitigación y aislamiento del polvo, como sistemas de aspersores de agua que generen neblina para mitigar que el polvo se desplaza con ayuda del viento.

Cámaras de sedimentación, que actúan como captadores del polvo proveniente del proceso. Estructuras tipo domo que aíslan el lugar de almacenamiento del material producto del proceso de molienda, evitando que este sea desplazado hacia las poblaciones cercanas.

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1.CONMINUCIÓN DEL MINERAL

Según la revista RUMBO MINERO, el proceso de conminución presente en toda operación minera es una etapa clave de las operaciones, por ello, el proceso de chancado y moliendo son los procesos que concentran la mayor parte de uso de energía de la operación, pues en estos procesos es en los que se logrará la reducción del tamaño de material.

2.1.1. Fases de la Conminución.

La conminución del mineral tiene dos Fases muy diferenciables:

- Chancado
- Molienda

2.1.1.1 *Chancado:*

Se basa en la utilización de un equipo que por medios mecánicos va a triturar la roca, es decir, romper y disminuir el volumen de las rocas a fin de obtener cuerpos más compactos y finos. El proceso de chancado interviene una gran cantidad de energía utilizada en los equipos que se invierten en la operación que se realiza con la finalidad de la reducción de tamaño para una mejor liberación y concentración de mineral, dicho proceso de reducción de tamaño tiene el nombre de conminución; con la ayuda del proceso de molienda logramos una mayor reducción de tamaño de partículas gracias a los grandes equipos giratorios que vienen a ser los molinos de forma cilíndrica los cuales se encuentran de diferentes dimensiones y aleaciones.

Según Moreyra C., Yabar M. & Benavides, D (2014), existen tres grados de trituración:

- **Trituración Gruesa**, con un diámetro inicial no mayor a 1500 mm hasta una dimensión mínima de entre 300-100 mm.
- **Trituración Media**, con un diámetro inicial de 100 mm aprox. Hasta obtener pedazos de entre 10-12 mm.
- **Trituración Fina**, con un diámetro inicial de 10-12 mm hasta obtener pedazos de entre 0.075 – 2 mm.

Cabe resaltar que todas las chancadoras, sin importar el tipo o modelo, presentan una razón de reducción baja, esto significa que, para una reducción efectiva del mineral o material a ser reducido, si dará por etapas, basándose en el tamaño con el que entran a la chancadora y el tamaño al que será reducido.

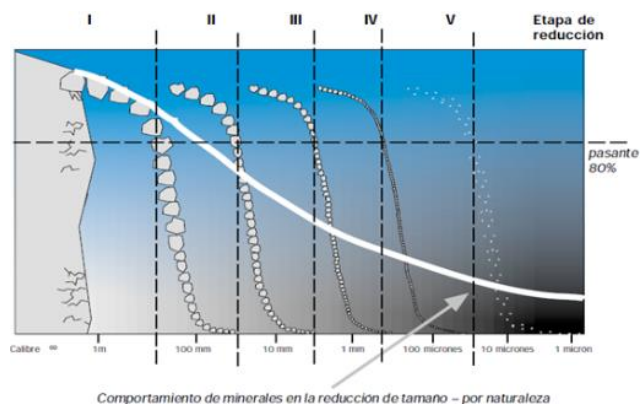


Figura 1 Comportamiento Natural de reducción de tamaño
Fuente: Moreyra C., Yabar M. & Benavides, D (2014)

2.1.1.2 Molienda

Consecuente al chancado, consiste en una reducción del tamaño de las partículas relativamente gruesas resultantes de la etapa de chancado a un grado más fino, todo a través de grandes equipos giratorios (molinos). La molienda se puede realizar de dos formas: la molienda convencional y la molienda SAG, y en cualquiera de los casos, se usan billas o bolas de molienda de distintos tamaños para un mejor particulado.

Según Zela (2017), en este proceso se somete el mineral que se transporta por la faja transportadora donde el mineral primero se somete al proceso de fragmentación o también llamado chancado y seguidamente de este proceso el mineral pasa al área de molienda donde se encuentran los equipos que brindan el afinamiento del mineral llevándolo a un punto donde las partículas del mineral son de un tamaño uniforme.

2.1.2. Equipos para la conminución

El óptimo desempeño del área de conminución dentro de cualquier unidad minera, depende en gran medida del entendimiento del proceso por parte de los operadores y de los equipos que se escojan para alcanzar las metas deseadas, es por ello que

conocer todos los equipos que pueden realizar las tareas que se necesitan, y de ahí seleccionar el más adecuado para alcanzar las metas propuestas mediante el menor uso de recursos, es lo que permitirá mejorar la producción reduciendo costos, y en el área de conminución, esta lógica debe ser aplicada con mayor intensidad, dado que dentro de todo el proceso minero, el transporte y la conminución de mineral son los procesos que más gastos demandan a la empresa.

En la operación de chancado, que viene a ser la primera etapa del proceso de conminución, idealmente se realiza en seco. Para llevar a cabo este proceso hay diferentes tipos de máquinas chancadoras o trituradoras que suelen estar clasificadas en base a la etapa en la cuál se van a usar y el tamaño del material tratado:

Trituradoras Primarias

Fragmentarán el material desde tamaños grandes, hasta emitir un producto que varía de 6" a 8".

- Trituradoras de Mandíbulas
- Trituradoras Giratorias

Trituradoras Secundarias

Estas van a emitir un producto con dimensiones entre 2" a 3". Aquí tenemos:

- Trituradoras Giratorias
- Trituradoras Cónicas

Trituradoras Terciaria

Fragmentarán el productor a dimensiones entre 1/2" o 3/8". Entre estas máquinas tenemos:

- Trituradoras Cónicas
- Trituradoras de Rodillos

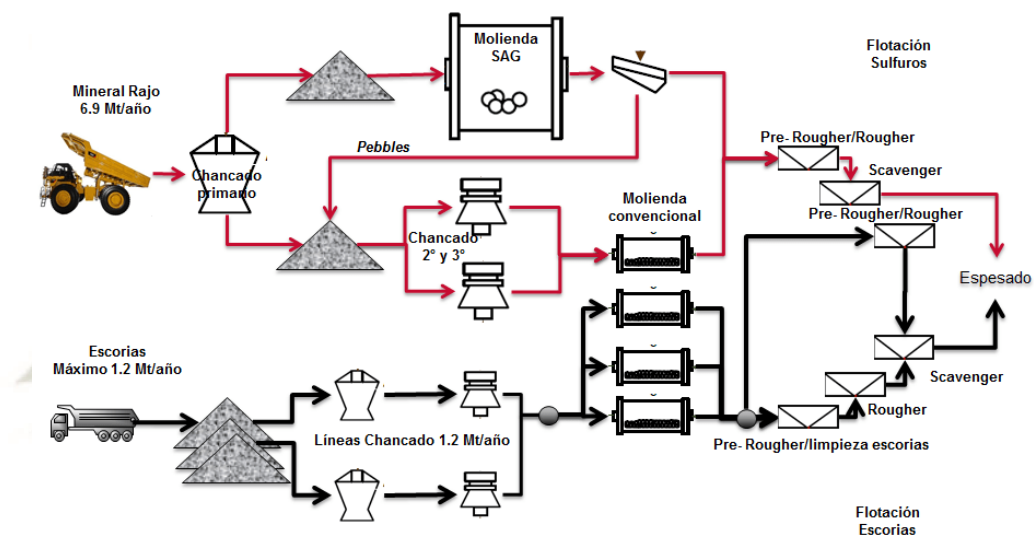


Figura 2. Flow Sheet de Procesos de Chancado y Moliendo.
Fuente: IDMining (2019).

2.1.3. Etapas de la Conminución.

Según Zela (2017), los equipos que se pueden encontrar en el área de chancado son:

- Chancadora primaria: La chancadora primaria será la primera en presentarse en el proceso de chancado del material. Constituye la primera etapa
- Chancadora secundaria.
- Alimentador de placas.

- Faja transportadora de sacrificio.
- Faja transportadora Overland.
- Electroimán.
- Detector de metales.
- Balanza en la faja transportadora.
- Hidrociclones. (agregar más equipos)

2.2.STOCKPILES

Traducido del inglés como “Reservas”, los StockPiles son lugares de almacenamiento para materiales a granel, o de materiales que van a formar parte del proceso de conformación de otros materiales a granel.

Según Cabrejos (2015), en el rubro minero muchas veces nos vemos en la necesidad de almacenar cantidades desbordantes de mineral, por lo que los stockpiles son la mejor forma de almacenamiento capaz de adecuarse al espacio disponible, de una forma económica y segura.

Por ejemplo, para las plantas concentradoras, los minerales sulfurados gruesos de entre 10-12 pulgadas son almacenados en stockpiles dependiendo de los lotes, o frentes de los que fueron extraídos.

El objetivo de los stockpiles es el de mantener los minerales en reserva y con un acceso fácil para la disposición de lo que lo componga, sirviendo de pulmón entre la mina y la planta.

Los stockpiles son formados por equipos de maquinaria pesada (retroexcavadoras, cargadores frontales)



Figura 3 Cargador Frontal formando un Stockpile

Fuente: iStock (2019)

O también están hechos por correas transportadoras elevadas, “shuttles” o “trippers”.



Figura 4 Stockpile por Correa transportadora

Fuente: Educalingo (2019)

Según Camus (2009), es de vital importancia la identificación de las condiciones sobre las que el stockpile va a generar la menor cantidad de polvo, por lo que así se van a poder establecer mejores parámetros que darán lugar a un mayor control de la generación de polvo, basados en las propiedades del material.

Los stockpiles o pilas de acopio permiten almacenar el sólido a granel sobre sí mismo, lo que dará lugar a que se alcancen valores de almacenamiento desde unas cuantas toneladas a volúmenes que alcancen las 100000 toneladas o más.

Los stockpiles pueden o no tener una cubierta protectora lateral para disminuir la generación de polvo. De tenerlos, estos deben ser variados y adaptables al stockpile que se planea tener como almacenamiento, para ello el diseño de la cubierta debe de respetar las siguientes características:

- Espacio Físico disponible.
- Dirección en la que van orientadas las correas o fajas transportadoras.
- Requisitos de las operaciones mina y operaciones planta.
- Forma de llenado y descarga.
- Efectos de atricción y segregación del mineral.

Los stockpiles pueden tener la capacidad que se necesite según el tipo de operación en el que se encuentre, sin embargo, sólo hay dos formas posibles en las que se pueden presentar:

- Stockpile Cónico.
- Stockpile Prismático.

2.2.1. Stockpile Cónico:

También llamada Stacker, es aquel formado cuando el material agregado es descargado desde un solo punto fijo. Su máximo volumen y capacidad de

almacenamiento estará delimitado por la altura máxima de la pila y el ángulo de reposo formado por el material al momento en que este es apilado.



Figura 5 Ejemplos de Stockpiles Cónicos

Fuente: Conley (2012)

Según Conley (2012), a pesar del uso masivo de stockpiles en una diversidad de industrias con necesidad de acumular material agregado en volúmenes de fácil acceso y disposición, no se tiene un entendimiento muy detallado del comportamiento de los sólidos a granel.

Además, indica que hay una gran variedad de factores que van a estar involucrados en la formación del stockpile. Entre los principales tenemos:

- La compacidad del material.
- La técnica de disposición.
- Las formas y rugosidad de las partículas.

- La no linealidad como características del material que compone al stockpile.
- La segregación.
- Velocidad de deposición, etc.

2.2.2. Stockpile Prismático:

Según Cabrejos (2015), también se les denomina stockpiles tipo A, se forma cuando el punto del apilador no es fijo sino móvil, lo que permitirá que, una vez alcanzada la altura, la faja o el alimentador pueda moverse hacia una dirección deseada. La distancia que hay entre el punto de inicio del stockpile y el final de la carrera del tripper o apilador, junto con la altura del stockpile y el ángulo de reposo del material van a determinar el volumen máximo de almacenamiento.

Cada vez más se usa este tipo de stockpile, debido a que aprovecha mejor el espacio que el de forma cónica.



Figura 6 Stockpile Prismático

Fuente: Carrión (2009)

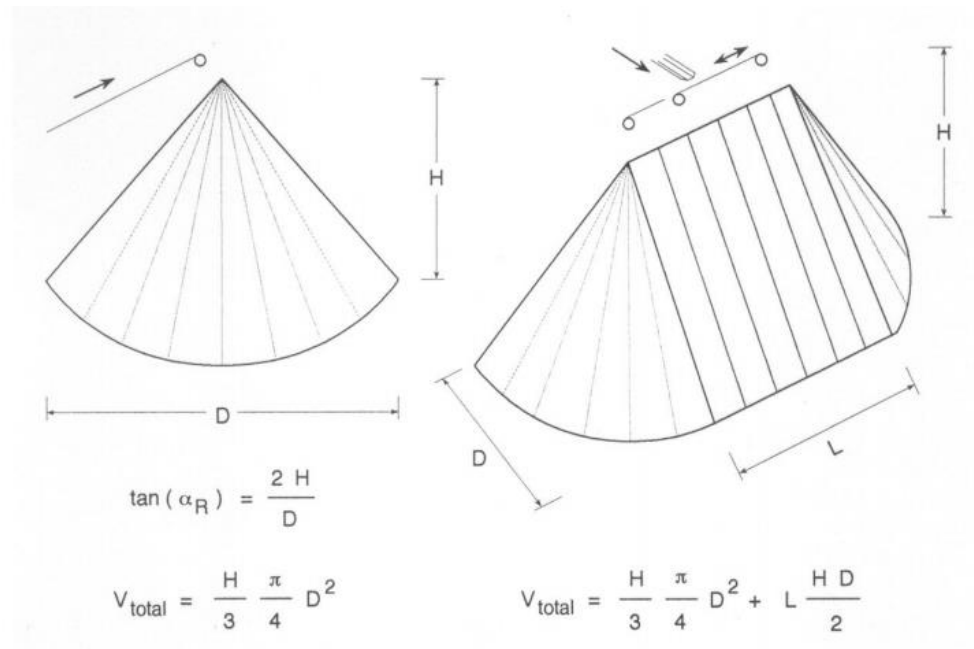


Figura 7 Principales Formas de Stockpiles
Fuente: Cabrejos (2015)

2.2.3. Generación de Polvo

Según Cabrejos (2015), el problema de la generación de polvo debe de ser controlado mediante la adecuada captación del polvo, su manejo y su reinyección al proceso al que se encuentra sometido el material fino.

Se recomienda cubrir los stockpiles para de esta manera evitar el desgaste producido por el viento, los que no sólo ayudara a la preservación de un mejor ambiente laboral, sino que protege al stockpile de los factores capaces de producir mermas, como la lluvia, nieve y vientos fuertes.

2.2.4. Capacidad de Almacenamiento

Hay dos tipos de capacidades presentes en un stockpile que deben de distinguirse claramente para tener un mayor aprovechamiento del stockpile:

- Capacidad Total, que se determina calculando el volumen aproximado del stockpile y multiplicándolo por su densidad media aparente, según el material que lo conforme.
- Capacidad Viva, que es la que se busca maximizar. Es un valor expresado en porcentaje, donde tienes la capacidad viva nominal entre la capacidad total. Este valor estará en función de la fluidez del material presente en el stockpile.

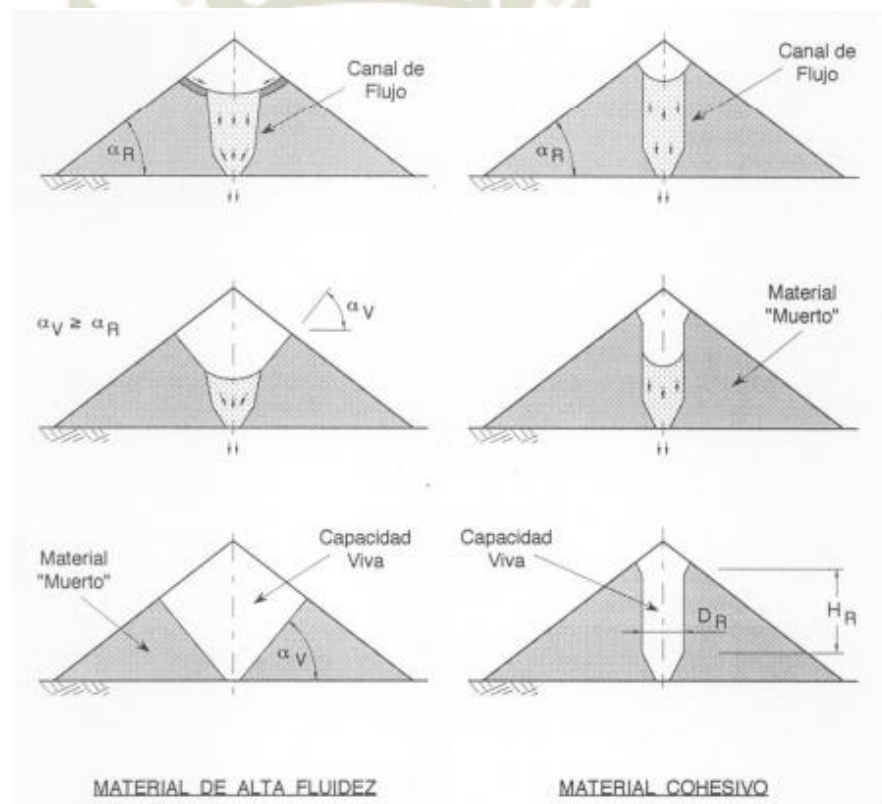


Figura 8 Flujo de un Stockpile

Fuente: Cabrejos (2015)

Una de las principales metas para el diseño de stockpiles es poder aprovechar a máximo el almacenamiento de la pila, pero evitando la formación de los *ratholes*,

por ejemplo, si un material es poco fluido, obviamente tendrá una capacidad viva mucho menor que uno con mucha fluidez.

El **Diámetro Crítico de Rathole (DF)** está en función directa de la cohesión interna del material manejado, el cual se verá afectado por el contenido de humedad y la cantidad porcentual de finos presentes en el stockpile. Teniendo también como variables valores como el tiempo de almacenamiento en reposo y presión de consolidación.

Afirma Cabrejos (2015) menciona que a mayor resistencia cohesiva del stockpile, se necesita un mayor ángulo de vaciado, y por ende la capacidad viva del stockpile se verá mermada.

2.3.POLVO

Por definición, el polvo se reconoce como la parte más menuda y desecha de la tierra o el suelo, el cuál queda en suspensión en el aire al menor movimiento. Las partículas de polvo tienen un diámetro inferior a 75 micras.

Según la IUPAC, son partículas sólidas, muy pequeñas, con poca o nula humedad que están en el aire ya sea por fuerza naturales o generados por procesos del hombre. Deben de tener un diámetro en 75 – 100 micras y son depositadas lentamente por acción de la gravedad.

La inhalación de polvo muchas veces produce los estornudos, que no son más que un sistema de defensa de los pulmones para protegerse al detectar la presencia de partículas no deseadas en el aire.

La mayoría de partículas tiene un tamaño tal que activan este mecanismo de defensa, pero algunas son tan pequeñas que atraviesan este sistema de defensa y llegan a los pulmones, en donde se depositan y causan enfermedades como el “pulmón negro”, silicosis, entre otras enfermedades, dependiendo del tipo de partícula.

Según Camus (2009), el aire se encuentra lleno de Materia Particulada (PM), el cuál a pesar de que es una necesidad controlarlo, es muy difícil, pero se deben de hacer los esfuerzos necesarios, ya que de dejarlos sin control provocan una serie de problemas, malestares e inconvenientes como:

Salud

- Produce problemas respiratorios que a la larga puede terminar en enfermedades como neumoconiosis o silicosis.
- Irritación en los órganos sensoriales (ojos, oídos...)
- Irritación cutánea.

Operacionales

- Explosiones e incendios.
- Disminución de la visibilidad para la ejecución de operaciones.
- Olores desagradables, humos tóxicos.
- Disminución de la vida útil de los equipos expuestos.

Sociales

- Provoca problemas con comunidades cercanas.

Además de todo eso, el principal problema es para los trabajadores, quienes al estar expuestos a jornadas de trabajo y por ende exposición continua, y como ya dijimos, si no se toman las medidas necesarias, puede desencadenar daños irreversibles en sus sistemas respiratorios.

2.3.1. Diámetro Aerodinámico

Según Ruiz (2016), el término mejor acuñado a la definición del polvo en lugar de “diámetro de partícula” es el **diámetro aerodinámico**, que en higiene laboral está relacionado con la capacidad de las partículas de polvo para penetrar y sedimentarse en distintos puntos del sistema respiratorio. Trabajar con las partículas mediante el uso de este parámetro ayuda mucho a simplificar la medición.

El diámetro aerodinámico se define como el diámetro que debería tener una esfera hipotética proveniente de una esfera hipotética de densidad de 1 g/cm^3 para que tenga la misma velocidad de sedimentación en aire en calma de la partícula en cuestión, fuera de su tamaño geométrico, su forma o su densidad lineal.

2.3.2. PM 10 & PM 2,5

Se denomina según Camus (2009), las partículas PM10 Y PM2.5 son las que producen mayores problemas en la salud, específicamente, problemas relacionados al sistema respiratorio, ya que estas partículas son capaces de atravesar los sistemas de defensa del organismo y terminan llegando a los órganos internos, es decir, los pulmones, y es ahí donde se establecen.

Según Ruiz (2016), las partículas más grandes (con un diámetro mayor o igual a 30 micras) se depositan naturalmente en las vías respiratorias altas, es decir, en la boca,

las fosas nasales y la laringe. El sistema de defensa del organismo ante estas partículas produce moco, que luego será expectorado o escurrido por la nariz, evacuándolos así del sistema y manteniéndolo a salvo.

Las partículas más pequeñas son capaces de penetrar en la región alveolar, es decir, son capaces de llegar al punto en el que se intercambian los gases dentro del organismo. Técnicamente hablando, solamente el 1% de las partículas PM10 llegan a ese punto, por lo que es ahí donde la mayoría de normativas ambientales establece el límite de tamaño superior práctico para la conservación de la salud y bienestar de los trabajadores.

En la región alveolar, el máximo depósito es producido por las partículas de 2 micras de diámetro aerodinámico aproximadamente. Las más grandes quedan sedimentadas en el camino desde el ambiente hasta antes de los alveolos pulmonares.

2.3.3. Control y monitoreo de Partículas

Por lo general, los niveles de calidad del aire exterior son controlados a través de una red de estaciones permanentes. Las empresas muchas veces van a utilizar equipos similares para el monitoreo de los niveles de polvo.

La calidad de aire dentro de una empresa es responsabilidad de la empresa, de los gerentes y de los trabajadores.

El monitoreo permanente hoy en día es viable, por lo que el establecimiento de un cronograma fijo como parte de un proceso de evaluación de riesgos, o para la obtención de una línea base.

El fin del estudio sería la elección de las medidas correctivas necesarias para que la contaminación por polvo quede reducida.

En las minas y canteras los niveles de PM pueden llegar a ser muy altos, dependiendo de la naturaleza de los materiales, lo que puede ser un gran peligro para la salud.

Hoy en día se cuenta con una gran variedad de equipos portátiles para la medición del polvo en el aire. Por ejemplo, los medidores portátiles de contaminación por partículas HHTP21, nos dan una manera económica de realizar muestreos de rutina. Con el uso del sensor de fotodiodo, esta medición se reduce para el nivel de PM_{2,5} con una resolución de 0,1 micras por cubo de aire.

Además del material particulado, permite la toma de otros valores, como son la humedad y temperatura.



Figura 9 Medidor de Partículas HHTP21
Fuente: Omega Engineering (2019)

2.4.DOMOS

Montseny (2019), menciona que los domos son estructuras que se utilizan en el ámbito arquitectónico el cual tiene forma de cúpula o bóveda similar a una media esfera el cual tiene como objetivo encapsular a todo un edificio, tiene diferentes aplicaciones como por ejemplo la mitigación de polvos finos.

Este tipo de estructuras llamadas domos se utilizan para resolver diversos problemas constructivos por sus distintas prestaciones, estética, resistencia, grandes luces y volúmenes.

Según Hurtado (2015), los domos poseen diferentes tamaños, formas y están elaborados de materiales diversos. Fueron involucrados en el área de la minería con el tiempo con la finalidad de cumplir diversas funciones, las cuales van desde el cuidado del medio ambiente hasta el bodegaje y campamentos.

Gracias a las diversas empresas con la idea de una minería sostenible, teniendo el pensamiento del cuidado del medio ambiente y la polución producida por los diferentes procesos propios de la actividad.

Estas estructuras provocado una gran implementación ya que es una forma práctica y rápida para dar soluciones estructurales utilizando diversos métodos.

Los domos tienen diversas ventajas como por ejemplo que resguardan más el calor, el hecho de agrandar una parte del domo éste se viene a ser exponencialmente más grande.

Los domos vienen siendo usados en la minería gracias a la concientización con el medio ambiente y todo lo que lo rodea. Estos domos pueden ser elaborados de hormigón con geomembrana de PVC.



Figura 10. Aplicación de Domos en la Minería.

Fuente: Vásquez (2019).

El uso de los domos brinda una serie de ventajas en comparación con otras estructuras que tendrán el mismo uso. Entre las principales tenemos:

- Gran resistencia dada la livianidad de sus elementos y el hecho de que presenta una increíble resistencia a condiciones meteorológicas extremas debido a su forma aerodinámica.
- Son autosustentables, por lo que no necesitan columnas o una gran inversión en cimientos, ya que son muy resistentes a las inclemencias atmosféricas.
- Un buen flujo de calor junto con una distribución uniforme, así como resistencia al paso de calor debido al aislamiento.
- Dada la forma, la circulación del aire caliente puede ser aprovechado de forma óptima como calefacción, ya que se reparte de forma equilibrada.

2.4.1. Partes del domo

Todo domo geodésico estará conformado por tres elementos principales:

- Nodos
- Barras o Vigas
- Sistema de cubierta o recubrimiento

2.4.1.1. Nodos:

Vienen a ser los vértices de la estructura y son los puntos más vulnerables del sistema, pues son los que van a recibir y soportar los esfuerzos de compresión transmitidos a través de las vigas.

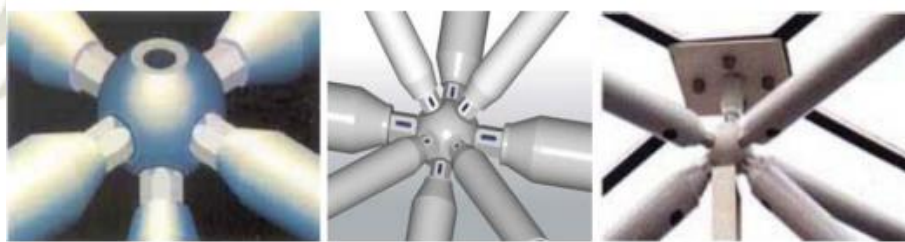


Figura 11 Nodos
Fuente: Perez (2018)

Estos nodos pueden ser articulados o no. Como en otras estructuras, las fuerzas que recaen en los nodos y las barras son las que van a distribuir la carga de la estructura, tanto fuerzas de compresión como de tracción. La geometría que tenga la estructura y la forma en la que se comporten las barras irán de acuerdo a las especificaciones de los proyectos. Los nodos

serán perforados o diseñados de tal forma que cumplan con los requisitos del proyecto.

2.4.1.2. Vigas Estructurales:

Las vigas funcionan como elementos que van a definir las células de la estructura. Éstas van a converger en los nodos a los que estén fijados. Están hechas a base de aluminio, balanceados en ambos ejes, con un canal preformado en su zona superior para que puedan ser instalados los paneles de cierre.

En el domo se pueden encontrar varias secciones, las cuáles estarán en función de las cargas a las cuales las vigas estarán sometidas en puntos exactos de forma particular, lo que permitirá el diseño de una estructura más eficiente desde el punto de vista de la resistencia y el peso.

Las vigas pueden ser de distinta forma, siendo preferentes cuadradas o circulares, pero el perfil dependerá del diseño del proyecto.

2.4.1.3. Sistema de Cubierta

Conformado por láminas prefabricadas, cortadas y dobladas, las cuales son hechas a medida de cada una de las secciones a cubrir. Estas cubiertas están hechas de láminas de aluminio o plástico, u otro material resistente, con un espesor de 0.05”.

- Además de los tres componentes o partes principales de todo domo, hay otros implementos que pueden o no estar presente en los domos. Entre ellos tenemos:
- Platos de unión de vigas

- Remaches estructurales
- Manhold (Entrada al interior del domo por parte del personal)
- Accesorios de paso para las tuberías.
- Selladores y empaques
- Venteo Perimetral (malla alrededor del domo como medida de prevención de accidentes)
- Venteo Central (Elemento tubular ubicado en la cima para fuga de gases).
- Soporte de patas del domo
- Tragaluces de acrílico.
- Uniones Batten

2.4.2. Tipos de domos.

Según Montseny (2019), los tipos o métodos de construcción de domos pueden ser los siguientes.

- Método tradicional de modelaje.
- Método de Hormigón Proyectado Tradicional.
- Método de Hormigón Proyectado con Membrana Exterior (Método Turner).
- Método de Hormigón Proyectado con Membrana Interior

Según Hurtado (2015), también encontramos los:

Domos de hormigón el cual permite estructuras laminares con hormigón utilizando membrana de PVC presurizada que posee una alta existencia. Este modelo de hormigón posee una llega a tener una capa entre 3 a 4 cm lo que hace mucho mejor la impermeabilidad.



Figura 12. Domo de Hormigón.

Fuente. Puma S.A. (2013).

- Domos con estructura reticulada de acero y cubierta metálica, este tipo de domo nos permite el encapsulamiento de acopios de diferentes tipos de mineral lo que es favorable directamente con los procesos mineros ya que no habrá polvo o partículas de mineral libres que se pierdan en el medio ambiente. Llegan a poseer estructuras circulares a su interior dependiendo las dimensiones de dicho domo.

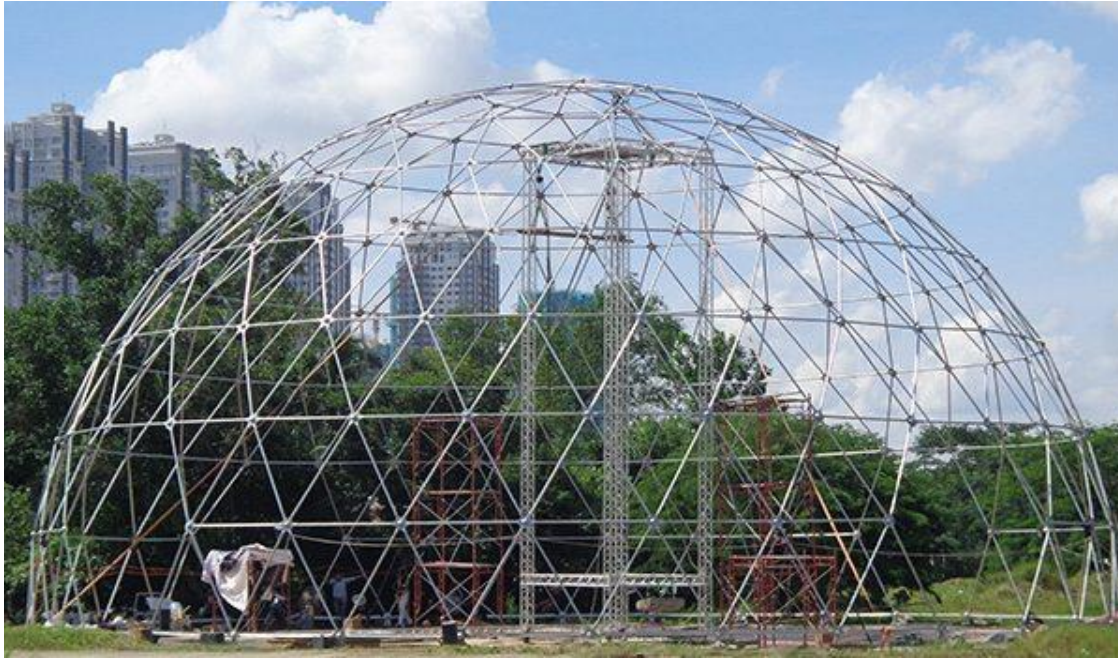


Figura 13. Domo con estructura reticulada de acero.

Fuente. Hurtado (2015).

- Domos soportados por aire los cuales poseen un bajo costo debido a la relación de su estructura con sus dimensiones. Estos domos logran mantener en su interior la temperatura y su permeabilidad, para su diseño se llega a elaborar con una doble membrana, obteniendo así una vida útil entre los 35 a 40 años. Poseen filtros de aire que ayuda a la utilidad de dichos domos, ya que reducen la contaminación y polución de los procesos gracias a que los filtros logran mantener todos estos contaminantes al interior del domo.



Figura 14. Domo soportado por aire.
Fuente. Alamy (2012).

- Domos geodésicos para campamentos, estos domos se caracterizan gracias a que sus caras generan formas hexagonales o pentágonos cuyos vértices tocan la superficie de una esfera imaginaria. Este tipo de domos es utilizado en su gran mayoría como domos para bodegaje o para campamento.

Estos domos son muy versátiles, gracias a ello es que satisfacen las diferentes necesidades de las empresas.



Figura 15 Domo geodesio para campamento.

Fuente: Hurtado J. (2019)

2.4.3. Aplicaciones de los domos

Una de las cosas más destacables de los domos, es que en cuanto más grande se hace, se vuelve más fuerte. Es la única estructura que será capaz de cubrir grandes extensiones de suelo sin la necesidad de usar columnas en el interior.

Para los usos de los domos, hay 4 criterios que se deben tomar en cuenta según la aplicación que tendrán:

- Frecuencia
- Tamaño
- Materiales estructurales
- Los acabados

A. Encapsulamiento de materiales.

Por parte de Zela (2017), el encapsulamiento de material es aquel proceso en el cual el residuo de los materiales que pasaron por un proceso se aísla del medio ambiente con el fin de reducir un impacto ambiental.

En los procesos de chancado el material a encapsular es el polvo o material particulado que se produce cuando el mineral está saliendo de la chancadora.

Según Milian (2018), define el encapsulamiento como una empaquetadura con materiales sólidos, líquidos o gaseosos.

El encapsulamiento de materiales viene a ser un avance para la minería gracias a la disminución de propagación de partículas expuestas al medio ambiente, que con el tiempo conllevara a una acumulación y contaminación mayor.

B. Vivienda

Representan una alternativa sencilla y económica para la vivienda, ya que muchas personas hoy en día buscan soluciones alternativas para la construcción de su vivienda de una forma sostenible y que vaya en armonía con la naturaleza, en busca de una máxima eficiencia energética y un mínimo costo económico.



Figura 16 Domo-Vivienda
Fuente: Domosfera (2019)

2.4.4. Materiales de fabricación.

Según Gonzales, Torres, Labarthe, Aguillon & Yza (2012), los materiales que se pueden utilizar en la construcción de domos generalmente pueden ser de diferentes tipos como:

- Metálicos.
- Madera.
- Plástico.
- Lamina de acrílico plana
- Lamina de policarbonato celular.
- Lamina de policarbonato sólido.
- Lamina de policarbonato con perfil acanalada.

- Vidrio templado.
- Lamina de resina poliéster.

Los domos que están hechos de una construcción metálica usualmente contienen en las estructuras acero y aluminio ya que son uno de los materiales con mayor resistencia estructural. Por otro lado, también se tiene los domos que están hechos por plásticos extruidos o también por madera, si bien es cierto que los domos hechos de estructura metálica son los más resistentes los domos de los demás materiales para su estructura se utilizan en diferentes aplicaciones.

Los domos contruidos por de material de madera son versátiles, para usar madera al momento de la elaboración de un domo influye bastante lo que es su plurinacionalidad y la sustentabilidad. Por lo general este tipo de domos tiene la ventaja de no usar necesariamente conectores, sino ir unida arista con arista en cada uno de los triángulos los cuales vienen a ser 5 o 6 tipos de triángulos los cuales vienen a dar ese efecto de curva para el domo.

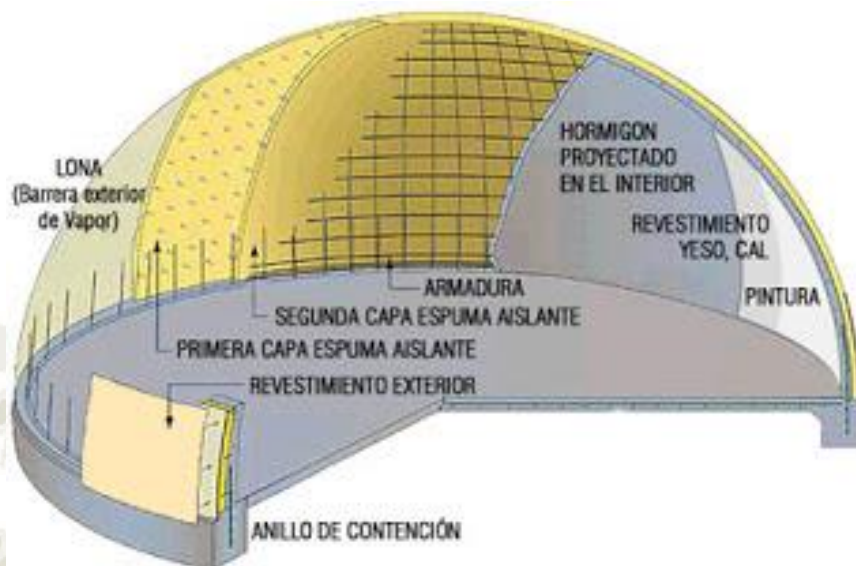


Figura 17. Materiales en los Domos.

Fuente: eared.blogspot.com (2019)

2.4.5. Dimensiones del domo.

Por parte de Montseny (2019), las dimensiones de los domos pueden ser establecidas de acuerdo a los tipos de domos que se pueda diseñar y la aplicación que ocupara el domo.

Para un adecuado dimensionamiento de un domo debemos tener conocimiento sobre lo que es la geometría espacial, ya que este es el estudio de las figuras geométricas tridimensionales. Esta geometría se basa en un sistema formado por 3 ejes (X, Y, Z).

Con la ayuda de la geometría podemos calcular volúmenes y área de superficie de solidos geométricos incluido formas esféricas.

Un punto importante para la construcción de un domo es el tipo de apoyo que se usara, ya que la estructura tiende abrirse por la acción gravitacional hacia afuera.

Es recomendable no utilizar módulos planos ya que estructuralmente tienden a la deformación por la aplicación de cargas sobre este.

En este ejemplo podemos observar los datos para la elaboración de un domo de 1 m de radio y 4 de frecuencia.

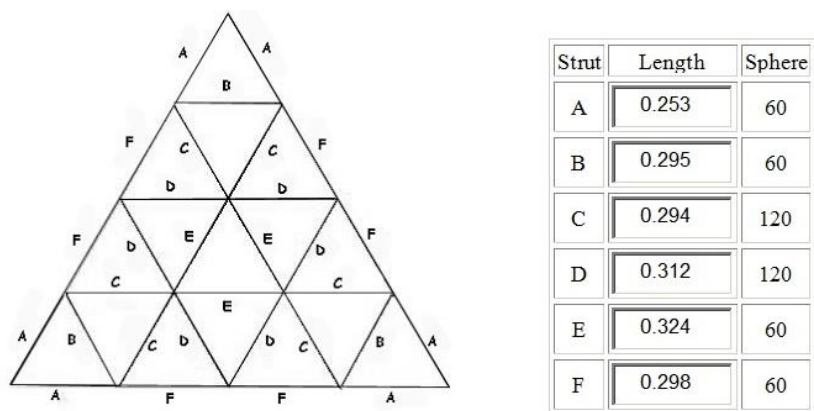


Figura 18. Cálculo para Dimensionar Domos.
Fuente: Peñasal (2019).

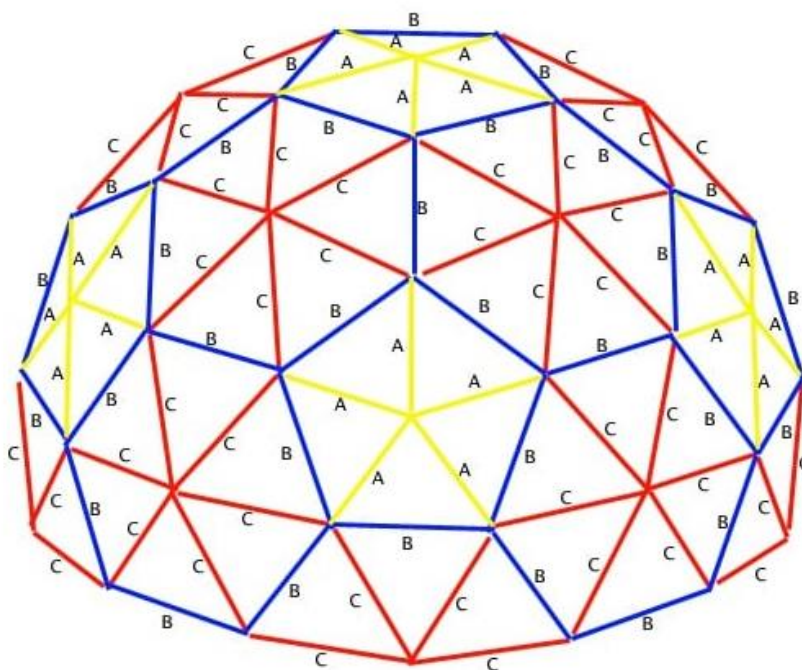


Figura 19. Dimensionamiento del domo.
Fuente. Desertdomes.com (2009)

2.5.MODELAMIENTO DEL DOMO

Según Pérez (2018), Los domos geodésicos son modelados a partir de un poliedro icosaedro, el cual está formado por triángulos equiláteros. Al momento en que las aristas de estos triángulos son proyectadas en una superficie esférica, es ahí donde se originan triángulos equiláteros curvos.

Basados en la aplicación y función que va a cumplir el domo, se va a efectuar la división de los triángulos equiláteros curvados, lo que dará lugar a la frecuencia de la que estará compuesto el domo. A mayor frecuencia, mayor número de barras y nudos que estarán presentes en la composición, por lo que la estructura será más esférica o curva.

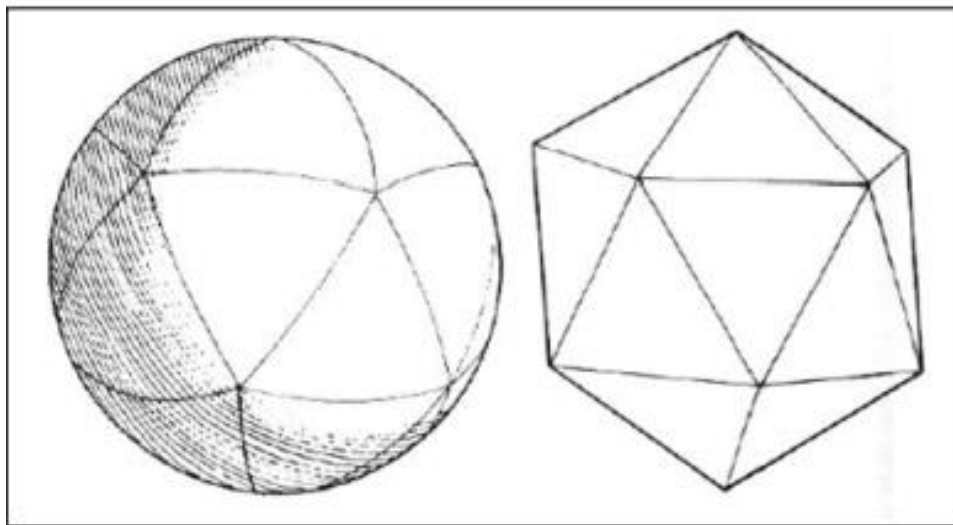


Figura 20 Esfera dividida a partir de un icosaedro.
Fuente: Perez (2018).

2.5.1. Programas de modelamiento y/o análisis

A. AutoCad

Según MEDIAactive (2010), la creación de elementos tridimensionales no es tan complicada como puede parecer en un principio, sin embargo, esta requiere mayor

precisión. Gracias al espacio de trabajo de modelado en 3d, el diseño y la manipulación de este tipo de dibujos es intuitivo.

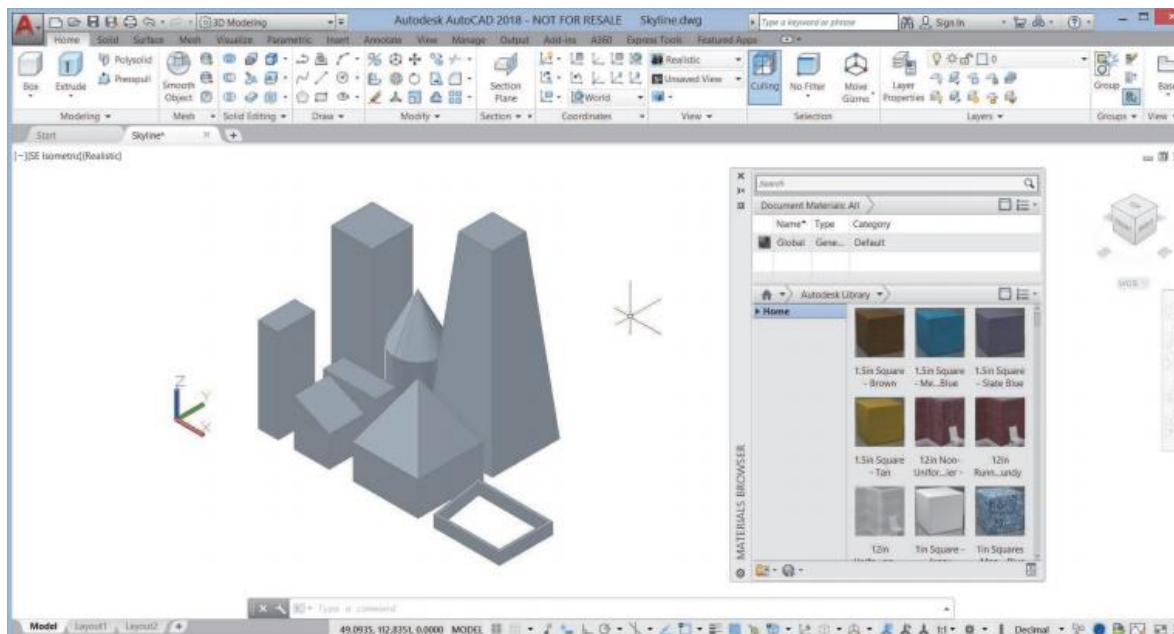


Figura 21. Entorno de Modelado 3d en AutoCad

Fuente: ASCENT - Center for Technical Knowledge

B. SAP2000

De acuerdo con Hernández (2010), Sap2000 es una poderosa herramienta, siendo esta confiable, sofisticada y fácil de usar. Dentro del programa de Sap2000 se puede realizar los procedimientos de modelaje, análisis y diseño estructural; en cuanto al modelaje el programa nos brinda una serie de plantillas predeterminadas que permiten generar modelos haciendo rápida y eficiente la creación de estos mismos. Para el análisis Sap2000 es capaz de manejar grandes y complejos modelos, así como también permite realizar análisis estáticos y dinámicos de forma lineal y no lineal a través de funciones espectrales y Tiempo – Historia.

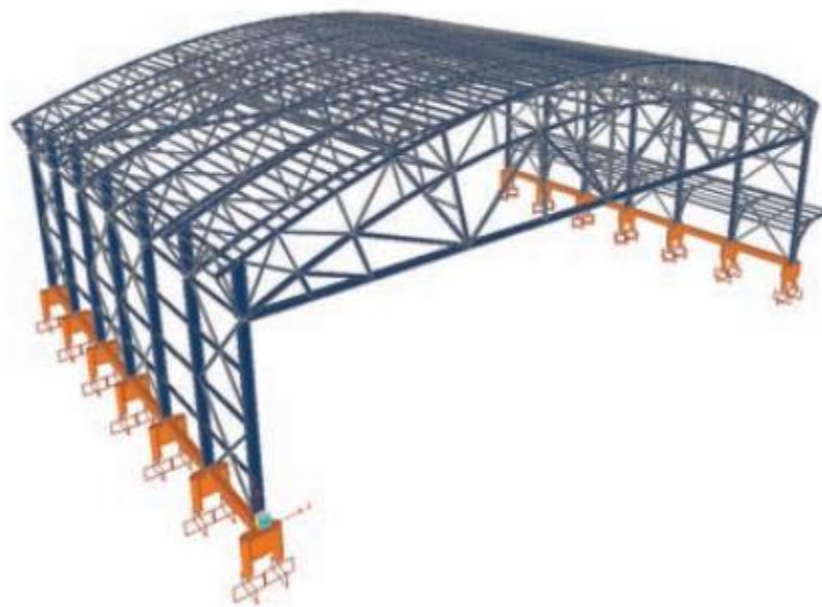


Figura 22. Modelamiento de una Nave industrial en Sap2000
Fuente: Eliud Hernandez

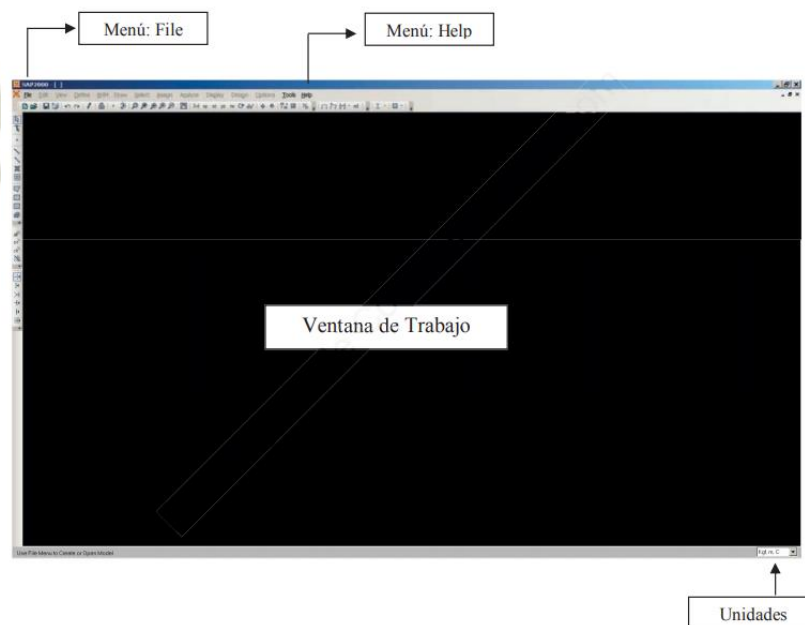


Figura 23. Pantalla inicial de Sap2000
Fuente: Eliud Hernandez

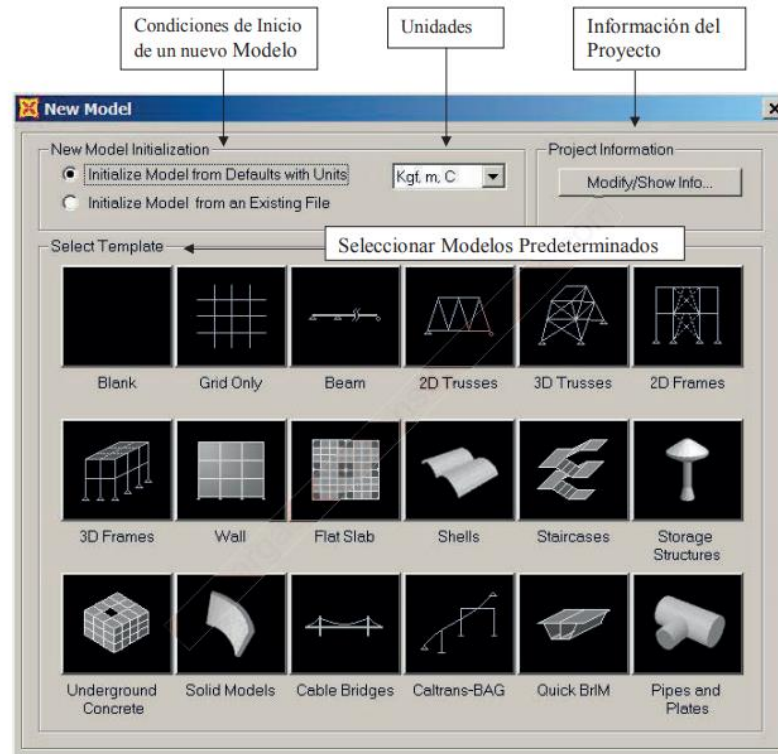


Figura 24. Plantillas para la Creacion y Generacion de Modelos
Fuente: Eliud Hernandez

C. SOLIDWORKS

Como señala López (2015), Solidworks es un programa que permite realizar el proceso completo de diseño mecánico, desde la concepción de la idea del diseñador hasta la realización de los planos necesarios para la fabricación, esto mediante el entorno del programa y sus herramientas de diseño que ofrece tales como Pieza, Ensamblaje y Dibujo, el diseñador puede modelar en tres dimensiones las piezas necesarias y llevar acabo las vistas necesarias para la elaboración de los planos. Este programa nos ofrece también complementos para simulación, fabricación y administración de datos.

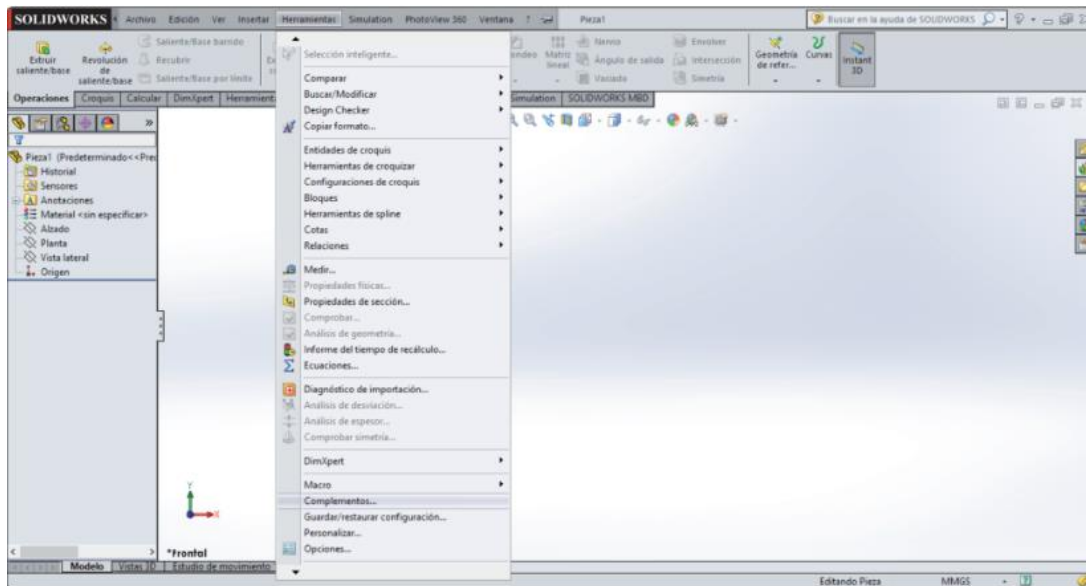


Figura 25. Entorno de Solidworks

Fuente: Juan Lopez Maroño

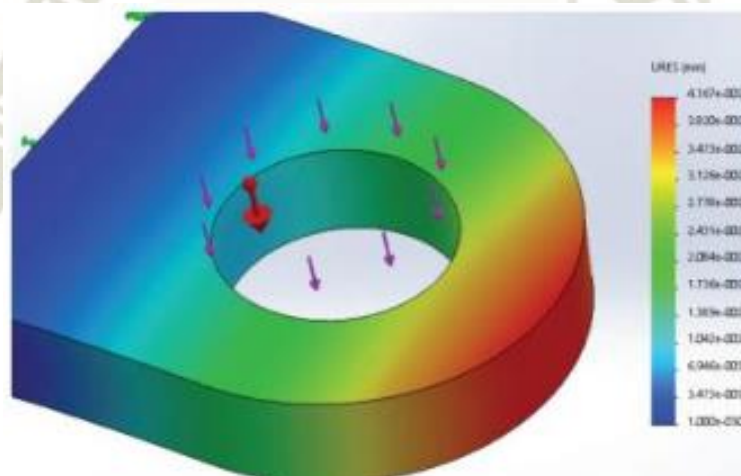


Figura 26. Simulación en Solidworks

Fuente: Juan Lopez Maroño

D. TEKLA

De acuerdo con Trimble (2017), Tekla puede crear y trabajar con distintos tipos de objetos de modelo. Tekla es un software BIM donde no solo se puede crear sino también combinar, administrar y compartir modelos 3d grandes y complejos; en cuanto al diseño se puede modelar estructuras reales; así como también el diseño de los detalles como crear pernos, tornillos, agujeros y soldadura.

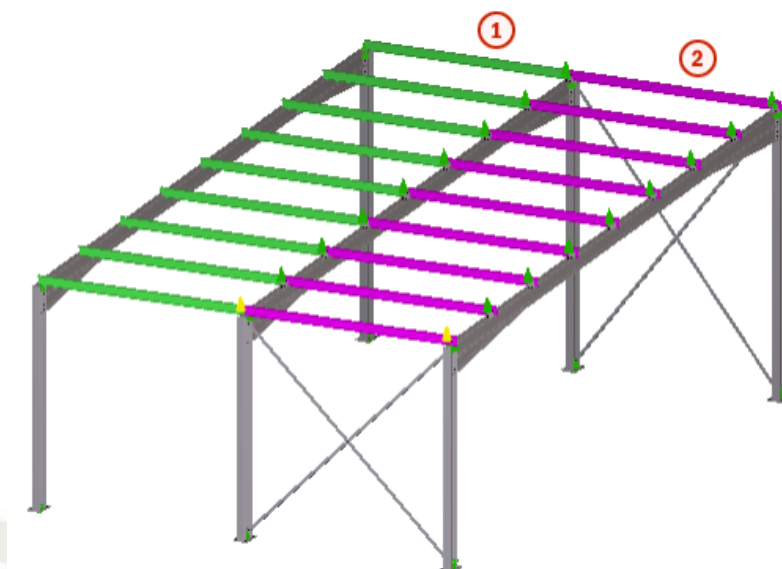


Figura 27. Modelado de estructuras en Tekla
Fuente: Trimble



Figura 28. Uniones en Tekla
Fuente: Trimble

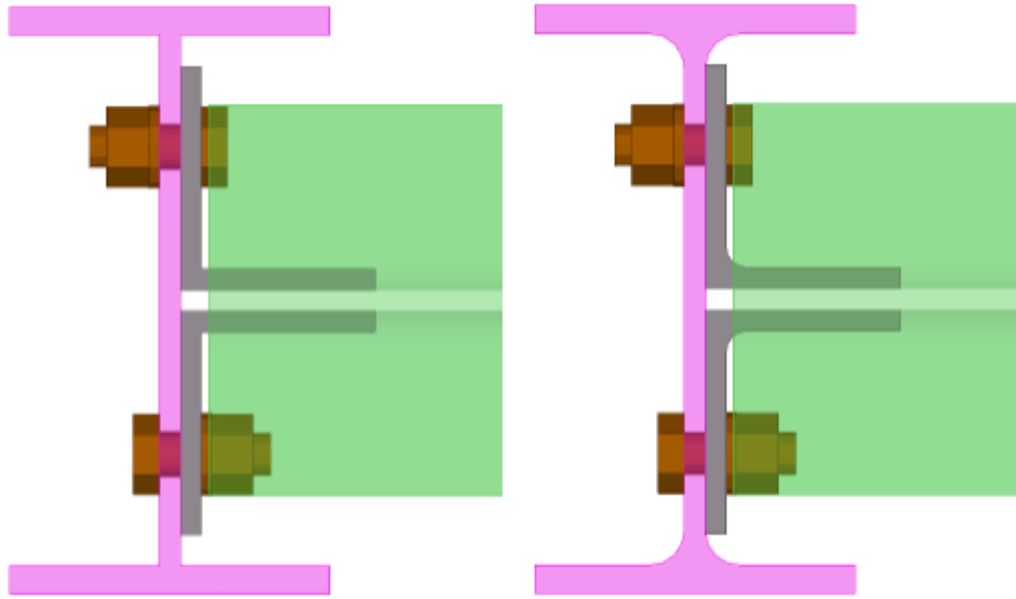


Figura 29. Diseño de uniones en Tekla
Fuente: Trimble

2.5.2. Cargas del diseño

A. Cargas muertas

Se denominan cargas muertas, con carga o carga permanente, a aquellas cargas que son generadas por el propio peso de la estructura, es decir, el peso de las vigas, las láminas, nodos, etc.

Son fuerzas verticales que apuntan hacia abajo, por eso es que las fuerzas de reacción que soportan la armadura son verticales, pero hacia arriba.

B. Cargas vivas.

Las cargas vivas son aquellas cargas no fijas dentro de una estructura, por ejemplo, el paso de personas, algún peso que será removido, o aumentará, etc. pero será considerada sólo si actúa de forma vertical.

Son cargas producidas por el uso o la ocupación de edificaciones y otras estructuras.

CAPITULO III

3. METODOLOGIA DEL DISEÑO Y MODELAMIENTO

3.1.METODOLOGÍA DEL DISEÑO

El desarrollo del trabajo de investigación se realizó bajo la metodología internacional propuesta por el AISC, y las normas nacionales siendo las siguientes:

- LRFD (Load and Resistance Factor Design), traducido al español es “Diseño por Factores de Carga y Resistencia ó Estados límites”.
- ACI 318 – 05 Apéndice D
- NTP E020
- NTP E030
- NTP E090

3.2.HERRAMIENTAS DEL DISEÑO

- SAP 2000
- AUTOCAD 2017
- DESERT DOMES
- OFICCE 2016
- HILTI PROFIS ANCHOR

3.3.PROPOSTA DEL DISEÑO DEL DOMO

3.3.1. Dimensiones propuestas

Las dimensiones propuestas para el domo son las siguientes, teniendo en cuenta el tamaño de un patio de almacenamiento de material.

- Diámetro: 44 metros
- Altura: 22 metros.
- Superficie: 3042 m².
- Suelo Área: 1521 m²

3.3.2. Materiales propuestos

El material a usar para los elementos estructurales es el acero A36 que tiene las siguientes características:

Tabla 1.
Propiedades Mecánicas del Acero A36

Norma	Límite de elasticidad	Límite de
		fluencia
ASTM A36	36 Ksi	50 – 80 Ksi
	250 Mpa	400 – 500 Mpa

Fuente: https://www.astm.org/america_latina/sp/index.html

El material que se usar como recubrimiento ser el TR4 muy usado en este tipo de estructuras y tiene las siguientes características:

Tabla 2.
Propiedades generales de la cobertura TR4
CARACTERÍSTICAS DEL TR4

Material	Lamina de Policarbonato
Norma	ASTM D1003 – 61
Peso específico	1200 Kg/m ³
Resistencia a la flexión	890 Kg/cm ²
Módulo de elasticidad	23000 Kg/cm ²
Color	Transparente o color
Espesor	1 mm

Fuente: <https://precor.pe/productos/tecnotecho-tr4>
Ventajas del TR4:

- Excelente transmisión de luz
- Resistente a la intemperie
- Altamente resistencia al impacto

3.4.CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL PROPUESTO
3.4.1. Configuración estructural Tipo I

Con el programa SAP 2000 podemos generar una estructura parametrizada de domo.

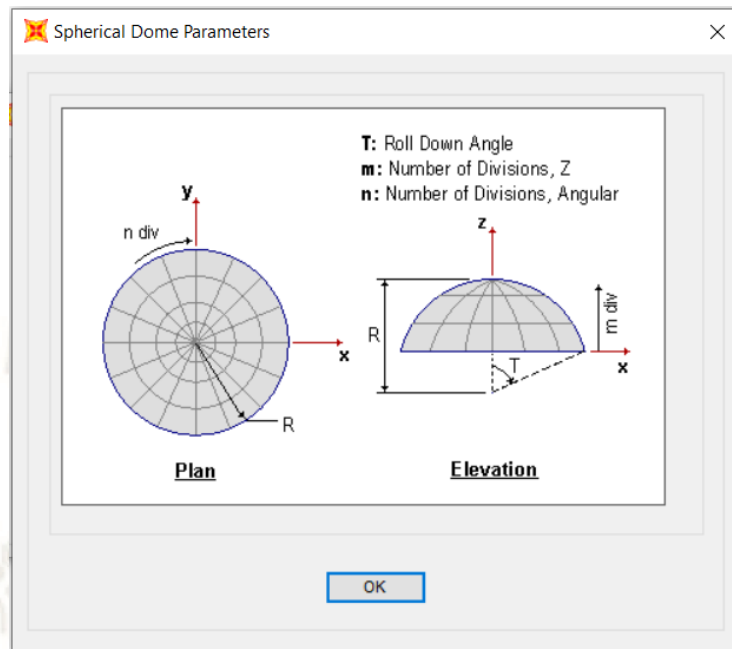


Figura 30. Menú de estructuras paramétricas para domos.

Fuente: SAP 2000.

Tendremos en cuenta las siguientes medidas tentativas para el domo metálico, no tendremos medidas grandes en los elementos para evitar un fallo de diseño por esbeltez.

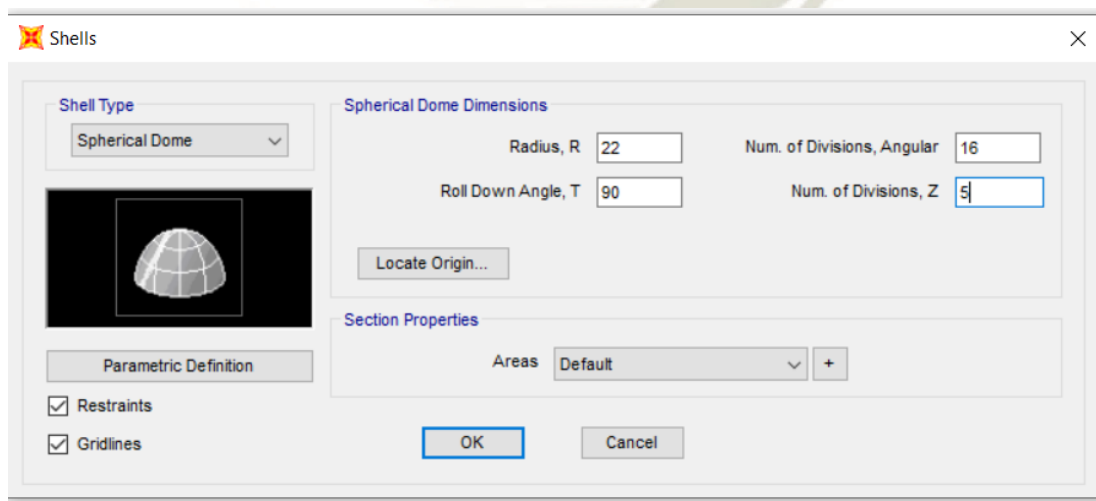


Figura 31. Medidas para el diseño paramétrico del domo

Fuente: SAP 2000

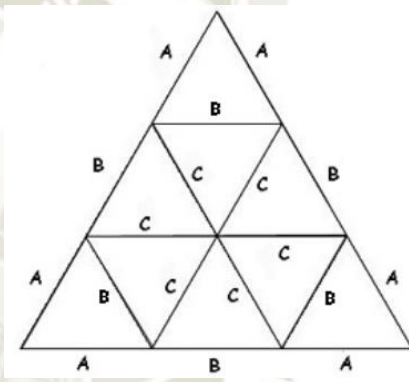
En conclusión, la estructura será modelada en el programa SAP 2000 y que nos ofrece un modelo más fácil de diseño y construcción.

3.4.2. Configuración estructural Tipo II o Geodésico

Con el programa DESERT DOMES se estimará la estructura bajo condiciones estándar, seleccionando una frecuencia de tipo 3V.

Tabla 3.
Estructura de frecuencia 3V

Perfil	Longitud	Domo	Esfera
A	7.66	30	60
B	8.88	40	90
C	9.07	50	120
Conector de 4 vías		15	0
Conector de 5 vías		66	12
Conector de 6 vías		25	80



Fuente: Recuperado de: <http://www.desertdomes.com/dome3calc.html>

De acuerdo a este modelo se obtiene el siguiente diagrama de ensamble:

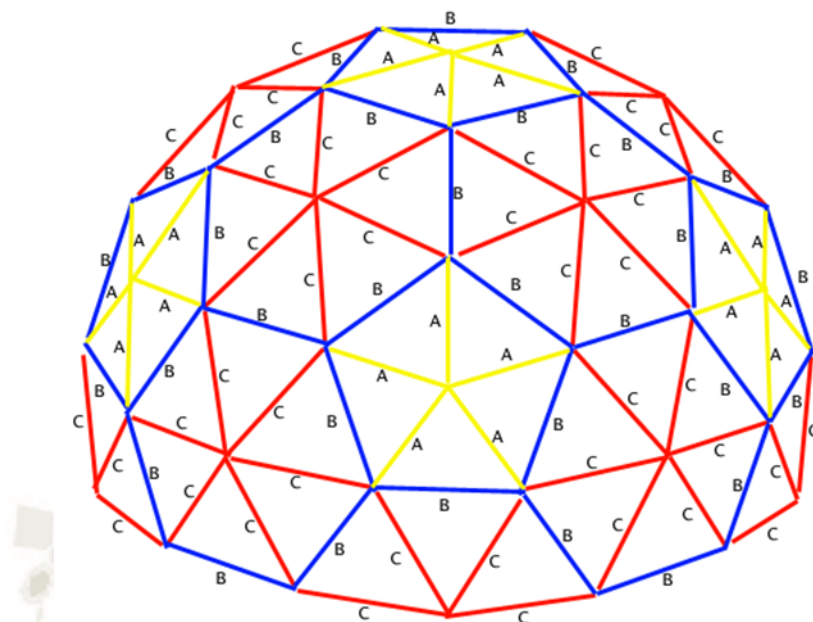


Figura 32. Modelo de domo geodésico con Desert Domes

Fuente: Recuperado de: <http://www.desertdomes.com/dome3calc.html>

Bajo el modelo calculado según el software se obtendrán los siguientes requerimientos para la construcción:

Tabla 4.

Requerimiento de material para la construcción del domo.

COMPONENTES DE LA ESTRUCTURA			
Descripción	Cantidad	Longitud	Longitud total
Vigas A	30	7.66 m	229.8 m
Vigas B	40	8.88 m	355.2 m
Vigas C	50	9.07 m	453.5 m
Uniones	106		

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO IV

4. MODELAMIENTO Y ANALISIS ESTRUCTURAL DEL DOMO

4.1.DOMO ESTRUCTURAL TIPO I

4.1.1. Modelamiento del domo Tipo I

Con el programa SAP 2000 podemos generar una estructura parametrizada de domo. Tendremos en cuenta las siguientes medidas tentativas para el domo metálico, no tendremos medidas grandes en los elementos para evitar un fallo de diseño por esbeltez.

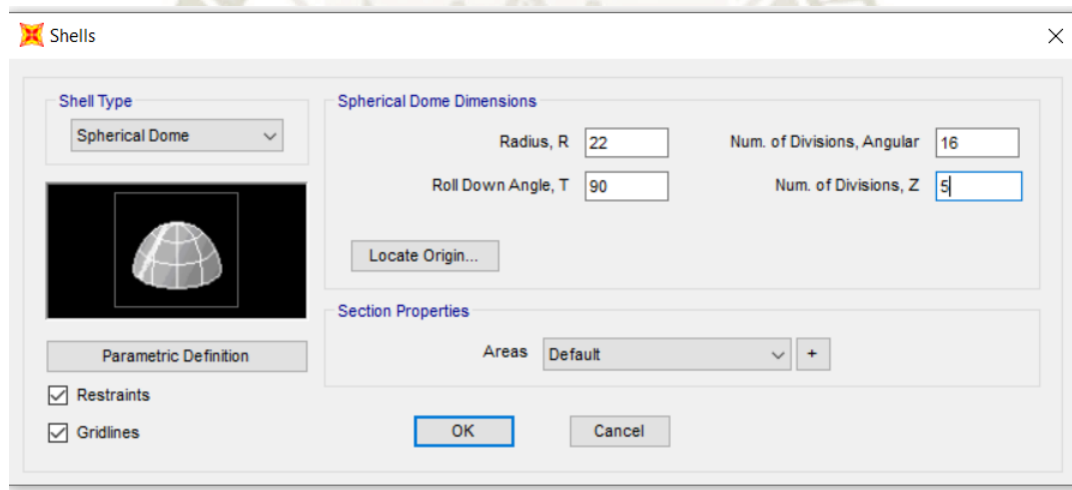


Figura 33. Medidas para el diseño paramétrico del domo

Fuente: SAP 2000

En conclusión, la estructura será modelada en el programa SAP 2000 y que nos ofrece un modelo más fácil de diseño y construcción.

4.1.2. Análisis estructural del Domo Tipo 1

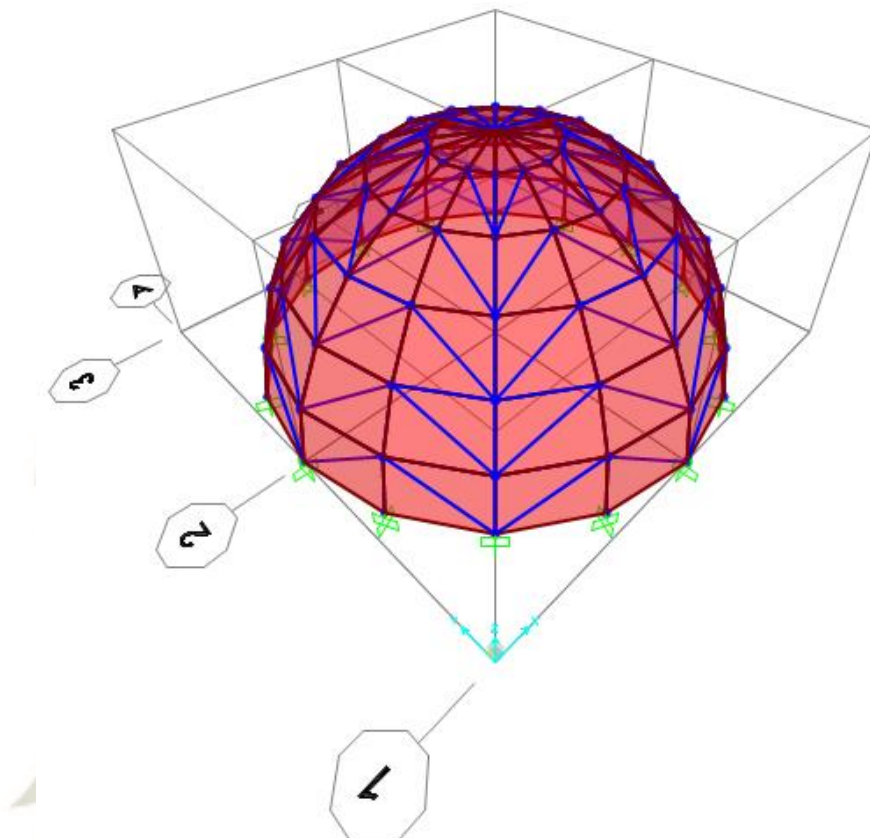


Figura 34. Domo Modelado
Fuente: Elaboración propia en SAP2000

El análisis se realizará mediante el programa SAP2000 donde se verificará la estabilidad estructural frente a las cargas solicitadas.

4.1.3. Análisis y asignación de cargas

Se diseñará según las cargas que nos proporciona la normativa peruana E020, E090 para estructuras metálicas y para las condiciones de sismo se diseñará bajo la norma E030.

4.1.3.1. Carga muerta (D):

Se considera el peso propio de la estructura incluyendo el peso de la cobertura y elementos de unión.

4.1.3.2. Carga viva de techo (Lr):

Solo se considera la carga viva de techo que según la norma E020 es de 30 Kg/m^2 .

Esta se asigna en dirección de la gravedad.

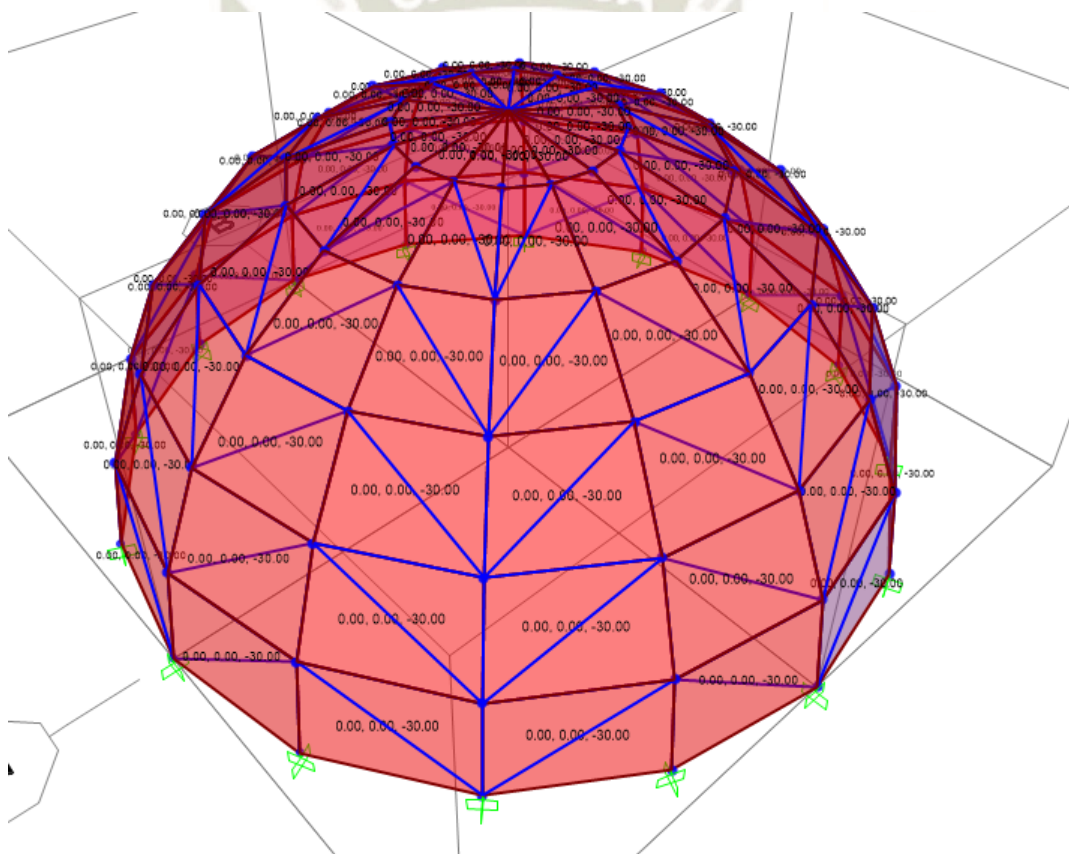


Figura 35. Modelado de Domo Tipo 1 con Carga Viva de Techo
Fuente: Elaboración propia con SAP2000

4.1.3.3. Carga de viento (W):

Se calcula la carga en Arequipa con los siguientes datos:

➤ Velocidad de diseño (V_h) = 75 Km/h

➤ Altura total del Domo = 22 m

➤ Altura para cada nivel del domo:

Tabla 5

Altura por Niveles del Domo Tipo 1

Altura por Niveles		
H1	5,7	m
H2	11,0	m
H3	15,6	m
H4	19,1	m
H5	21,3	m
H6	22,0	m

Fuente: Elaboración propia

➤ Velocidad de diseño distribuida en la altura del domo:

Según la fórmula:

$$V_h = V \times \left(\frac{h}{10} \right)^{0.22}$$

Donde:

V_h : velocidad de diseño en la altura h en Km/h

V : velocidad de diseño hasta 10 m de altura en Km/h

h : altura sobre el terreno en metros

Se obtienen los siguientes valores

Tabla 6
Velocidades de diseño

Velocidad de Diseño					
H1	5.7	m	Vh1	66.3	Km/Hr
H2	11.0	m	Vh2	76.6	Km/Hr
H3	15.6	m	Vh3	82.7	Km/Hr
H4	19.1	m	Vh4	86.4	Km/Hr
H5	21.3	m	Vh5	88.5	Km/Hr
H6	22.0	m	Vh6	89.2	Km/Hr

Fuente: Elaboración propia

Con estos datos obtenemos la carga exterior de viento en cada nivel que se aplicara en a los paneles de la estructura de modo que transmita la carga a los perfiles:

$$Ph = 0.005 \times C \times Vh^2$$

Donde:

Ph : presión o succión del viento a una altura h en Kgf/m²

C : factor de forma adimensional indicado

Vh : velocidad de diseño a la altura h, en Km/h

El factor de forma adicional extraído del Anexos N°3 es de 0.7

Tabla 7

Carga Exterior de Viento

Carga Exterior de Viento

Ph1	15.366	Kgf/m ²
Ph2	20.531	Kgf/m ²
Ph3	23.913	Kgf/m ²
Ph4	26.144	Kgf/m ²
Ph5	27.430	Kgf/m ²
Ph6	27.852	Kgf/m ²

Fuente: Elaboración propia

La norma indica que las cargas de viento se suponen perpendiculares a la superficie sobre la cual actúa.

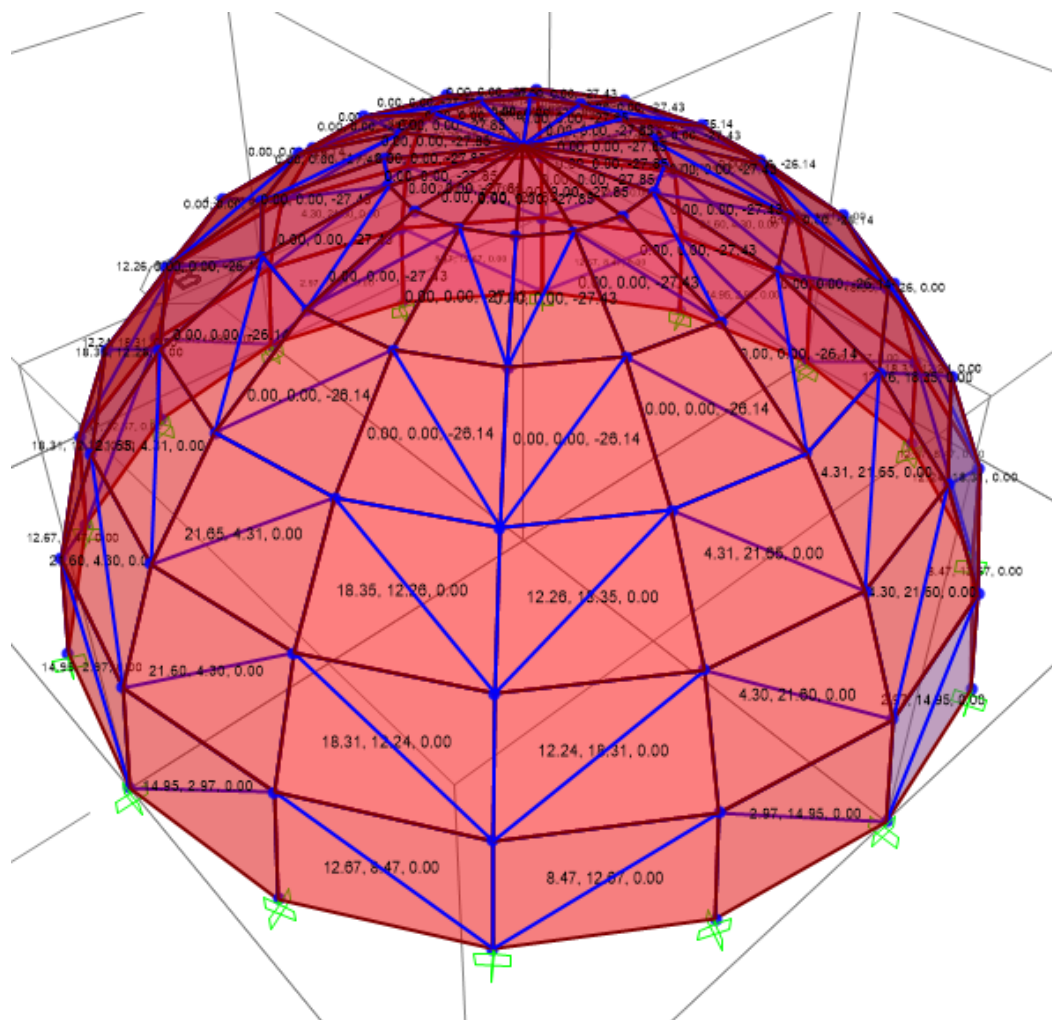


Figura 36. Modelado del domo con las cargas de viento
Fuente: Elaboración propia con SAP 2000

4.1.3.4. Carga de sismo (E):

Se realizará el cálculo la carga de sismo con espectro con ayuda del programa SAP2000. Para este caso se tienen los siguientes datos:

Factor de Zona (Z): Zona 4 = 0.45

Factor de uso de importancia (U): Edificación común = 1.00

Factor de suelo (S): S3 = 1.10

Coeficiente de reducción sísmica (R) = 7.00

Factor de irregularidad (Ia, Ip) = 1.00

Estos datos se ingresan al programa y se nos muestra la siguiente grafica

Function Name Sismo espectro

Parameters

Seismic Zone Zone 4

Occupation Category C

Soil Type S3

Irregularity Factor, Ia 1.

Irregularity Factor, Ip 1.

Basic Response Modification Factor, R0 7.

Define Function

Period	Acceleration
0.	0.1768
0.1	0.1768
0.2	0.1768
0.3	0.1768
0.4	0.1768
0.5	0.1768
0.6	0.1768
0.7	0.1768
0.8	0.1768
0.9	0.1768
1.	0.1768
1.2	0.1473
1.5	0.1179
1.7	0.0979

Figura 37. Datos espectro sísmico.
Fuente: Elaboración propia con SAP2000

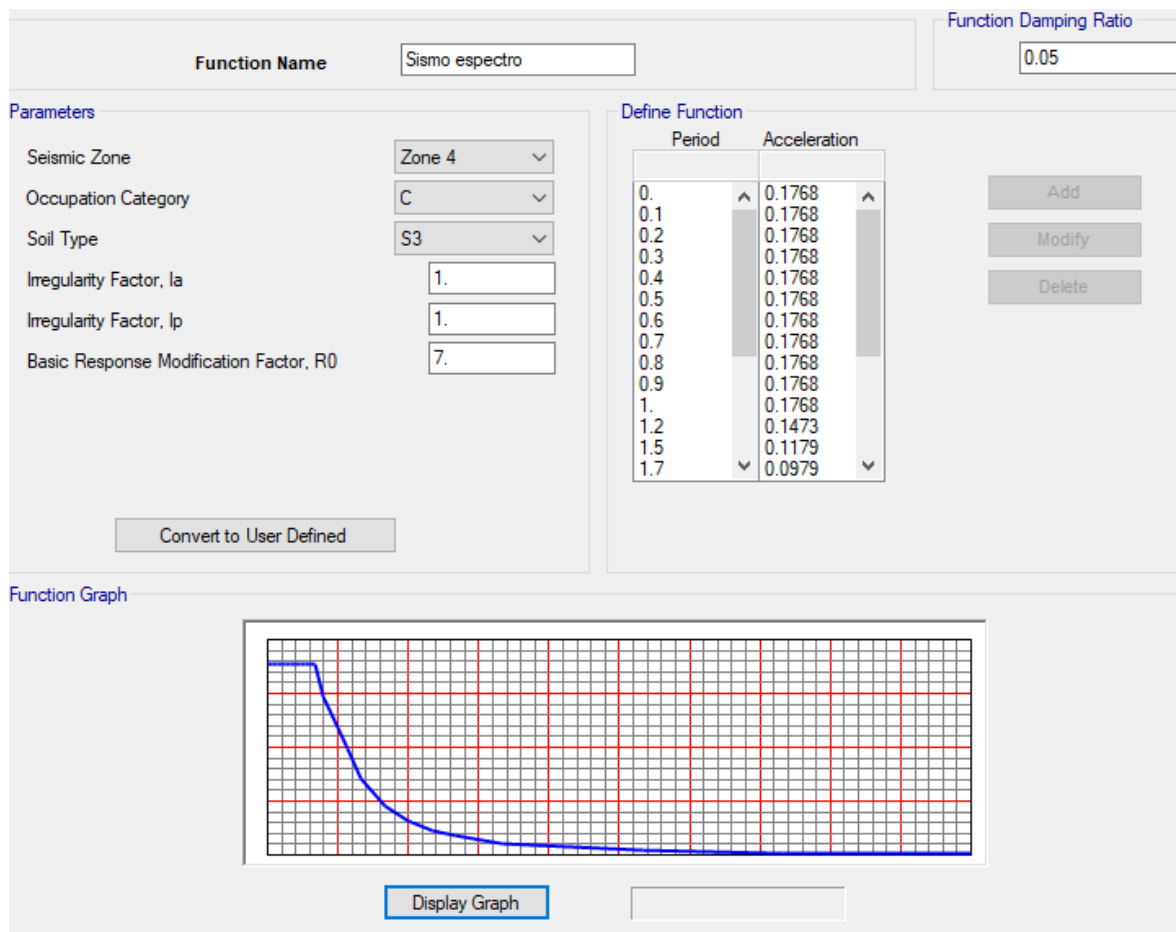


Figura 38. Espectro sísmico
Fuente: Elaboración propia con SAP2000

Periodo fundamental de vibración (T) = 0.63

Factor de amplificación de zona sísmica (C) = 2.50

4.1.4. Combinación de cargas

Según Norma AISC LRFD:

- $U1 = 1.4D$
- $U2 = 1.2D + 1.6L + 0.5(Lr \text{ ó } S \text{ ó } R)$
- $U3 = 1.2D + 1.6(Lr \text{ ó } S \text{ ó } R) + (0.5L \text{ ó } 0.8W)$

- $U4=1.2D+1.3W+0.5L+0.5(Lr \text{ ó } S \text{ ó } R)$
- $U5=1.2D+1.0E+0.5L+0.2S$
- $U6=0.9D+(1.3W \text{ ó } 1E)$

Donde:

D : Carga muerta debida al peso propio de los elementos y los efectos permanentes sobre la estructura.

L : Carga viva debida al mobiliario y ocupantes.

Lr : Carga viva en las azoteas.

W : Carga de viento.

S : Carga de nieve.

E : Carga de sismo de acuerdo a la Norma E.030 Diseño Sismo resistente.

R : Carga por lluvia o granizo.

Se selecciona la combinación que genera mayor carga, esto de la siguiente manera:

Debido a que solo disponemos de carga muerta (D), carga viva de techo (Lr), carga de viento (W) y carga de sismo (E) las combinaciones quedan así:

- $U1=1.4D$
- $U2=1.2D + 0.5Lr$

- $U3=1.2D + 1.6Lr + 0.8W$
- $U4=1.2D + 1.3W + 0.5Lr$
- $U5=1.2D + 1.0E$
- $U6=0.9D+(1.3W \text{ ó } 1E)$

La combinación que nos da mayor carga sin considerar la carga muerta es la combinación U3.

- $U3= 61.28 \text{ Kgf/m}^2$

Sin embargo, para análisis consideramos las combinaciones U3, U4 y U5. Estos son ingresados al software para realizar el análisis.

De acuerdo a la combinación de carga detallada anteriormente se obtiene el análisis de capacidad – demanda bajo la normativa LRFD de las secciones:

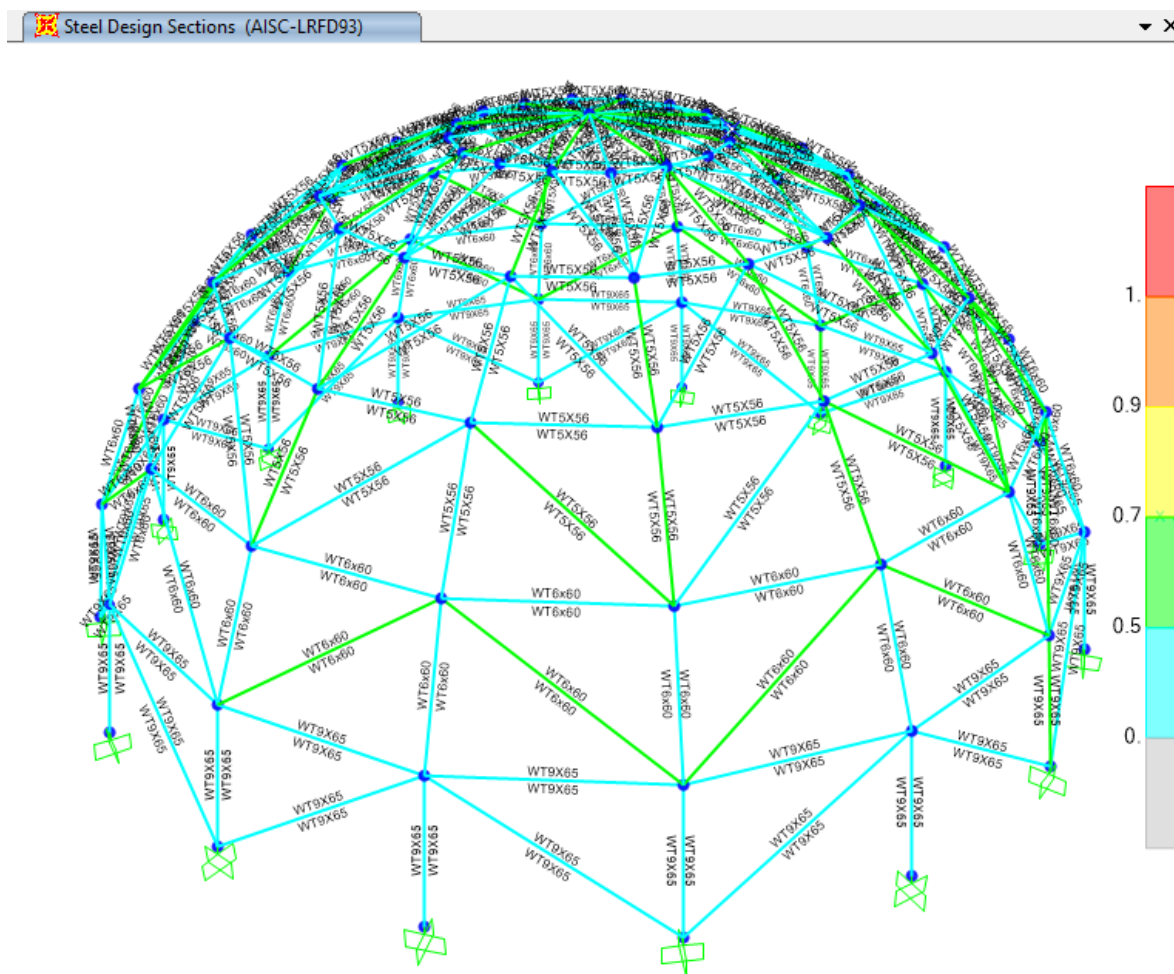


Figura 39. Mapa del análisis de demanda - capacidad de los perfiles del domo.
Fuente: SAP 2000

Como se puede observar el diseño es apropiado para las solicitaciones de las cargas.

4.1.5. Selección de perfil

Debido a que el cambio de perfil resulta en un cambio de la carga muerta, este se vuelve un proceso iterativo para encontrar el perfil óptimo para diseño, a continuación, se muestra los perfiles que quedaron para el diseño apropiado de la estructura:

Tabla 8
Perfiles Seleccionadas para Domo Tipo 1

Perfiles	Cantidad	Longitud (m)	Total	Peso (Kg)	Total
WT5x30	48	366.47		32661.61	
WT5x56	144	845.68		70659.89	
WT6X60	48	387.85		37512.63	
WT9X65	16	91.90		4104.15	

Fuente: Elaboración propia

Estos se colocan de tal forma que los perfiles WT5x30 van en la parte superior, los WT5X56 y WT6X60 van en la parte intermedia y WT9X65 van en la parte inferior de la estructura.

Tabla 9
Cobertura Seleccionada para el Domo Tipo 1

Tipo de cobertura	Área total (m ²)	Peso Total (Kg)
Cobertura TR4	2976.5	3571,78

Fuente: Elaboración propia

4.1.6. Pernos de anclaje

Para el diseño de los pernos de los anclajes se tomará la norma ACI 318 – 05 Apéndice D, para los casos de tracción y corte.

Se considerarán 4 pernos por anclaje, contando con 16 anclajes repartidos en la base del domo.

Se debe cumplir:

➤ Para tracción:

$$\phi \times N_n \geq N_u$$

Donde $\phi = 0.75$

N_n es la carga nominal.

N_u es el valor de la carga que soporta el anclaje

➤ Para cortante:

$$\phi \times V_n \geq V_u$$

Donde $\phi = 0.60$

V_n es la carga nominal.

V_u es el valor de la carga que soporta el anclaje

El valor de la carga calculada se sacará del cálculo realizado en SAP 2000 en las unidades inglesas (Lb, in) y se elegirá el punto que tenga mayor reacción:

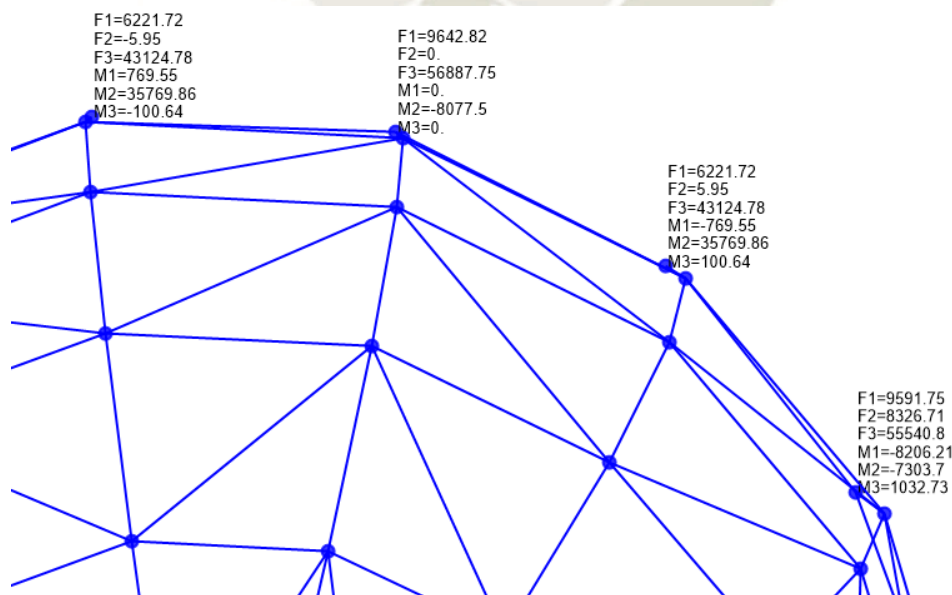


Figura 40. Valor de las reacciones para el cálculo de los pernos de anclaje

Fuente: Elaboración con SAP 2000

En el Anexo N°3 se muestra una tabla con todas las reacciones debidas a cada carga y combinaciones puestas en la estructura, extraídas del programa Sap2000

Se seleccionará los pernos del fabricante Hilti con ayuda del Software HILTI PROFIS ANCHOR



Información de instalación		Símbolo	U	Diámetro nominal de la varilla					
				3/8	1/2	5/8	3/4	7/8	1
Diámetro nominal de la broca		d_o	pulg.	7/16	9/16	3/4	7/8	1	1-1/8
Empotramiento efectivo	Mínimo	$h_{ef,min}$	pulg. (mm)	2-3/8 (60)	2-3/4 (70)	3-1/8 (79)	3-1/2 (89)	3-1/2 (89)	4 (102)
	Máximo	$h_{ef,max}$	pulg. (mm)	7-1/2 (191)	10 (254)	12-1/2 (318)	15 (381)	17-1/2 (445)	20 (508)
Diámetro de la fijación del dispositivo	a través de la placa		pulg. (mm)	1/2 (12.7)	5/8 (15.9)	13/16 ¹ (20.6 ¹)	15/16 ¹ (23.8 ¹)	1-1/8 ¹ (28.6 ¹)	1-1/4 ¹ (31.8 ¹)
	directo en el concreto		pulg. (mm)	7/16 (11.1)	9/16 (14.3)	11/16 (17.5)	13/16 (20.6)	15/16 (23.8)	1-1/8 (28.6)
Torque de instalación		T_{inst}	ft-lb (Nm)	15 (20)	30 (40)	60 (80)	100 (136)	125 (169)	150 (203)
Espesor mínimo del elemento de concreto		h_{min}	pulg. (mm)	$h_{ef} + 1-1/4$ ($h_{ef} + 30$)		$h_{ef} + 2d_o$			
Distancia al borde mínima		c_{min}	pulg. (mm)	1-7/8 (48)	2-1/2 (64)	3-1/8 (79)	3-3/4 (95)	4-3/8 (111)	5 (127)
Espacido mínimo		s_{min}	pulg. (mm)	1-7/8 (48)	2-1/2 (64)	3-1/8 (79)	3-3/4 (95)	4-3/8 (111)	5 (127)

Figura 41. Especificaciones para perno de anclaje Hilti HY 200

Fuente: <https://www.hilti.com.ar>

Exportamos los datos del software SAP 2000 al HILTI PROFIS

Activo	Fuerzas [lb]			Momentos [in-lb]			Comentarios
	Vx	Vy	N	Mx	My	Mz	
<input checked="" type="radio"/>	9,642.82	24,805.65	56,887.75	51,352.07	64,774.14	23,324.68	Cargas de diseño
<input type="radio"/>	0	0	0	0	0	0	Cargas sostenidas

Figura 42. Cargas exportadas de SAP 2000 a HILTI PROFIS en unidades inglesas

Fuente: HILTI PROFIS

Obtendremos la recomendación de anclajes para las cargas solicitadas

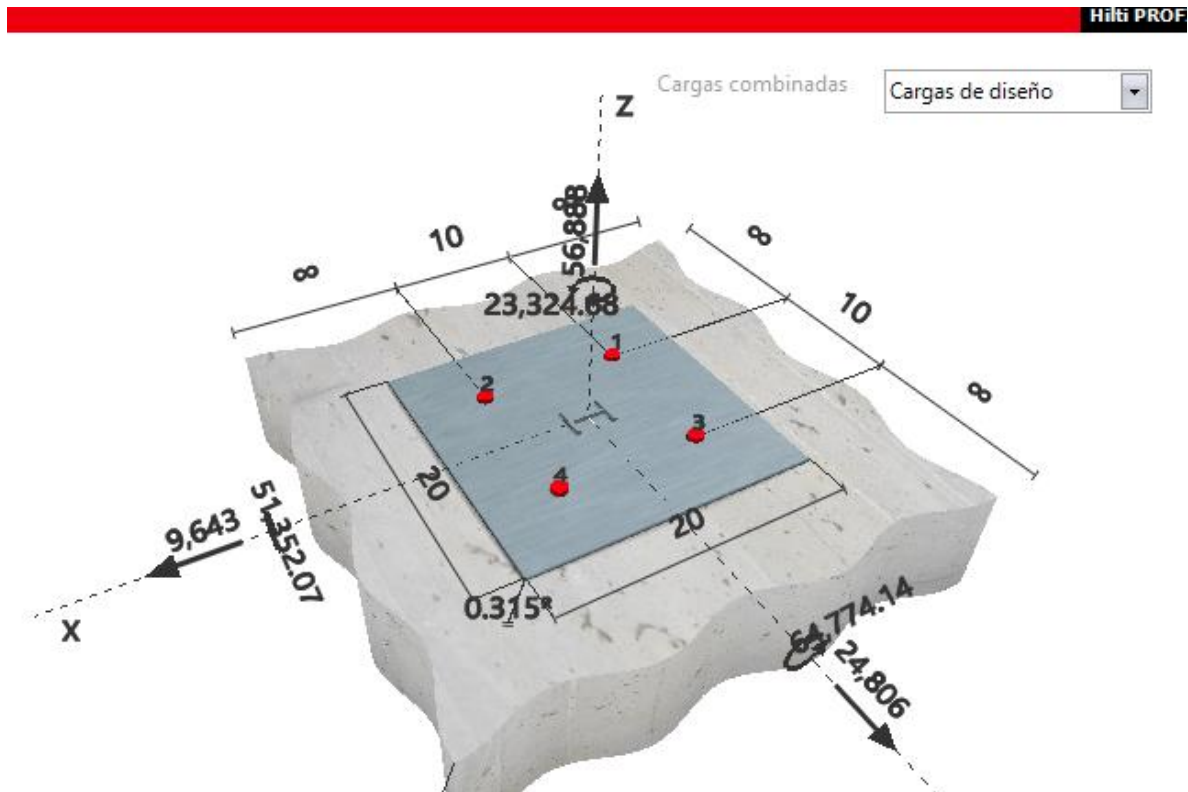


Figura 43. Esquema de cargas aplicadas al anclaje
Fuente: HILTI PROFIS

La recomendación de pernos de anclaje que nos brinda el software es el:

Anclaje	Métrica	Total	Geometría	Profundidad de empotram
Familia de anclaje : HIT-HY 200 + HAS (4 items)				
HIT-HY 200 + HAS-B-105 (ASTM F1554 Gr.105)	1	100 %		19.291
HIT-HY 200 + HAS-B-105 HDG (ASTM F1554 Gr.105)	1	100 %		19.291
HIT-HY 200 + HAS-E B7	1	100 %		19.291
HIT-HY 200 + HAS-E B7 HDG	1	100 %		19.291

Figura 44. Pernos recomendados para el anclaje según las cargas en los apoyos del domo.
Fuente: HILTI PROFIS

Se escogerá el perno HIT-HY 200 + HAS-B-105 (ASTM F1554 Gr.105) 1" x 19.291" por ser comercial.

De acuerdo a esto se tiene el siguiente calculo:

Fallo por acero a tracción:

$$\phi \times N_n \geq N_u$$

$$\phi = 0.75$$

Nu lo podemos obtener de calcular de la siguiente manera:

Tenemos la siguiente configuración:

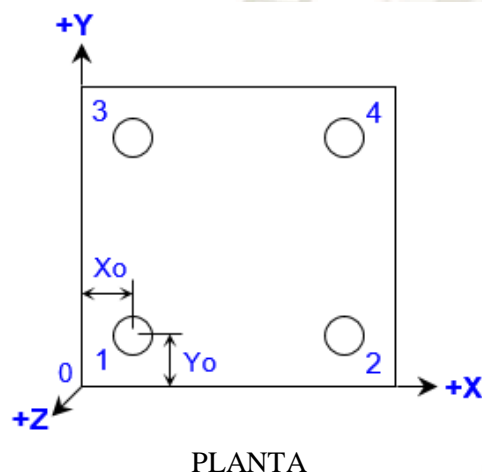
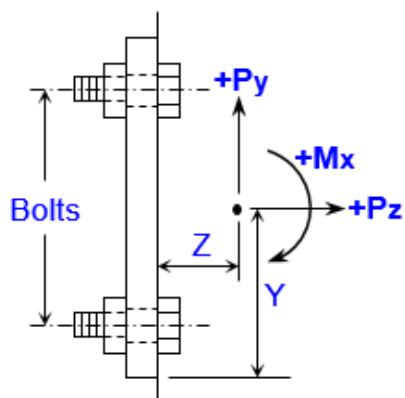


Figura 45 Vista de planta de la configuración de pernos

Fuente: Elaboración propia



ELEVACION

Figura 46. Vista de elevación de la configuración de pernos
Fuente: Elaboración propia

Luego dando la ubicación a los pernos

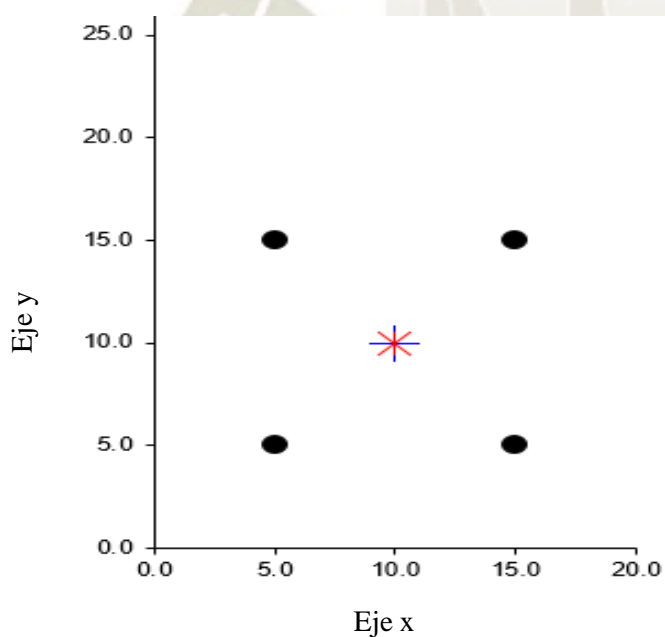


Figura 47. Coordenadas de los pernos
Fuente: Elaboración propia

Tabla 10
Coordenadas de los Pernos

Coordenadas de los pernos		
	Xo (in.)	Yo (in.)
1:	5.000	5.000
2:	15.000	5.000
3:	5.000	15.000
4:	15.000	15.000

Fuente: Elaboración propia

Para obtener las propiedades del grupo de pernos calculamos el centro de gravedad y los momentos de inercia.

Tabla 11
Propiedades del grupo de pernos

Propiedades del grupo de pernos		
Xc =	10.000	in.
Yc =	10.000	in.
Ix =	100.00	in.^2
Iy =	100.00	in.^2
J =	200.00	in.^2
Ixy =	0.00	in.^2

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12
Posición de carga y datos

Posición de carga y datos	
X-Cordenada (in.) =	10.000
Y-Cordenada (in.) =	10.000
Z-Cordenada (in.) =	0.000
Carga axial, Pz (k) =	56.89
Carga cortante, Px (k) =	9.64
Carga cortante, Py (k) =	24.81
Momento, Mx (in-k) =	51.35
Momento, My (in-k) =	64.77
Momento, Mz (in-k) =	23.32

Fuente: Elaboración propia

Para calcular la fuerzas axiales y cortantes debido a los momentos se hace uso de la siguiente formula:

Para las resultantes axiales:

$$R_z = \frac{-\Sigma P_z}{Nb} + \frac{(\Sigma M_y) * I_x - (-\Sigma M_x) * I_{xy}}{I_x * I_y - I_{xy}^2} * X_b + \frac{(\Sigma M_x) * I_y - (\Sigma M_y) * I_{xy}}{I_x * I_y - I_{xy}^2} * Y_b$$

Donde:

X_b : distancia x del perno desde centro del eje y

Y_b : distancia y del perno desde centro del eje x

Convención de signos para R_z es como sigue:

Positivo (+) para compresión

Negativo (-) para tracción

Para las resultantes de corte:

$$R_h = \sqrt{\left(\frac{\Sigma H_x}{Nb} + (\Sigma M_z) * \frac{Y_b}{J}\right)^2 + \left(\frac{\Sigma H_y}{Nb} + (\Sigma M_z) * \frac{X_b}{J}\right)^2}$$

Donde:

X_b : distancia x del perno desde centro del eje y

Y_b : distancia y del perno desde centro del eje x

Tabla 13

Resultados de las Fuerzas Resultantes

	Resultados	
	Fuerzas Resultantes (k)	
	Axial Nu	Cortante Vu
1:	-14.89	6.37
2:	-8.42	7.42
3:	-20.03	5.91
4:	-13.55	7.03

Fuente: Elaboración propia

Entonces

$$Nu = 20\,038 \text{ Lb}$$

$$Nsa = Ase \times Fu$$

$$Ase = 0.6057 \text{ in}^2$$

$$Fu = 125.000 \text{ Psi}$$

$$Nsa = 0.6057 \text{ in}^2 \times 125000 \text{ Psi}$$

$$Nsa = 76\,712.5 \text{ Lb}$$

$$0.75 \times 76\,712.5 = 56\,784.38 \text{ Lb} \geq 20\,038 \text{ Lb} \therefore \text{Cumple!}$$

Fallo por acero a cortante

$$\phi \times Vsa \geq Vu$$

$$\phi = 0.65$$

$$Vu = 7\,416 \text{ Lb}$$

$$Vsa = 0.6 \times Ase \times Fu$$

$$Ase = 0.6057 \text{ in}^2$$

$$Fu = 125.000 \text{ Psi}$$

$$Vsa = 0.6 \times 0.6057 \text{ in}^2 \times 125000 \text{ Psi}$$

$$Vsa = 45\,430 \text{ Lb}$$

$$0.65 \times 45\,430 = 29\,529.5 \text{ Lb} \geq 7\,416 \text{ Lb} \therefore \text{Cumple!}$$

De acuerdo a los cálculos se escogerán los siguientes pernos:



Figura 48. Perno de anclaje HIT-HY 200 + HAS-B-105
Fuente: HILTI PROFIS

Tipo y tamaño de anclaje: HIT-HY 200 + HAS-B-105 (ASTM F1554 Gr.105) 1"

Profundidad efectiva de anclaje: $hef = 19.291$ pulg.

Material: ASTM A 1554 Grade 105

Peso aproximado: 10 Kg c/u

Cantidad: 64 unidades

4.1.7. Costos de fabricación

Para el cálculo del costo de fabricación y montaje se cotizo con empresas dedicadas al rubro metal mecánica teniendo el presupuesto siguiente:

Tabla 14

Costo de Fabricación del Domo Tipo 1

ITEM	Descripción del trabajo de fabricación y montaje	Valor	c/u \$	Precio \$
1	Suministro, perforación y colocación de perno de anclaje químico	Kg 64	6.5	416
2	Suministro, montaje y fabricación de estructura metálica WT5x30	Kg. 32661.61	10	326616.1
3	Suministro montaje y fabricación de estructura metálica WT5x56	Kg. 70659.89	10	706598.9
4	Suministro montaje y fabricación de estructura metálica WT6x60	Kg. 37512.63	10	375126.3
5	Suministro montaje y fabricación de estructura metálica WT9x65	Kg 4104.15	10	41041.5
6	Suministro cobertura TR-4 o similar	m ² 2976.5	50	148825
TOTAL				1598614.8

Fuente: Elaboración propia

4.2.DOMO ESTRUCTURAL TIPO II

4.2.1. Modelamiento del domo Tipo II

Se obtiene el diagrama de ensamble con la estimación hecha con el DESERT DOMES para una frecuencia de tipo 3V.

El modelamiento se desarrolló con el programa de AUTOCAD.

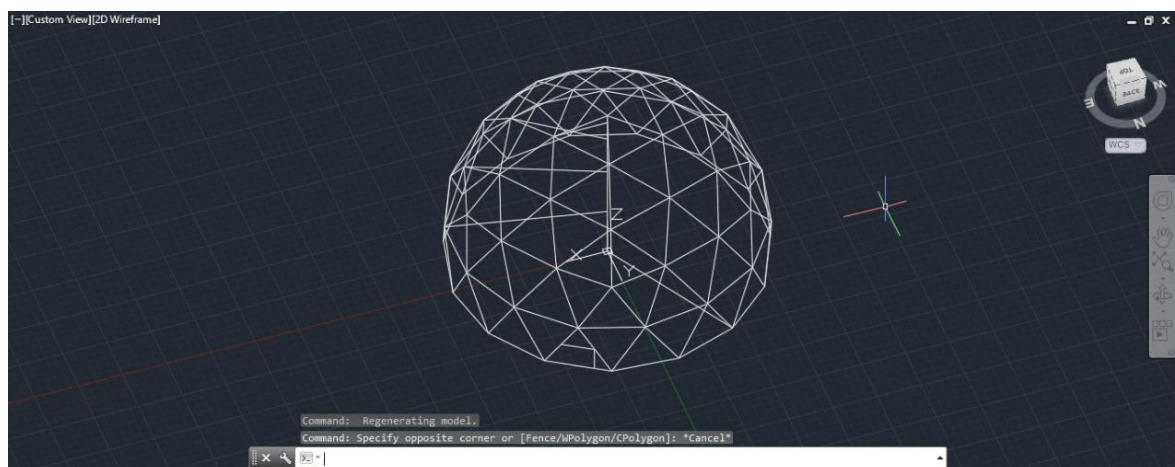


Figura 49. Modelado del Domo Tipo II en AUTOCAD

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente se exporto al programa SAP 2000 para la evaluación y análisis de cargas.

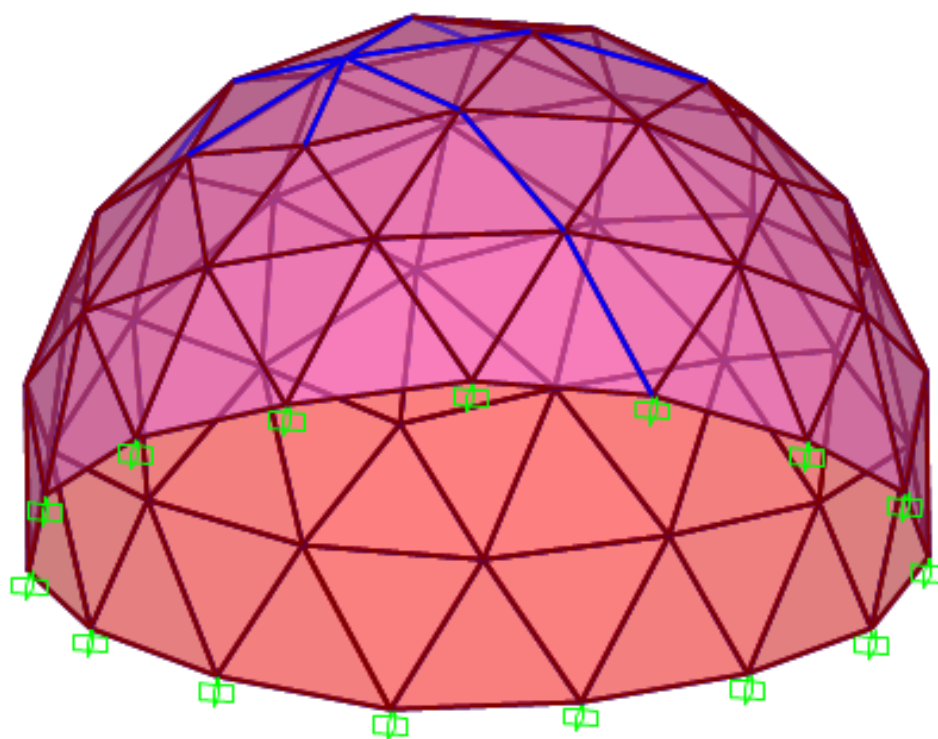


Figura 50. Modelado de Domo Tipo II

Fuente: Elaboración propia con SAP2000

4.2.2. Análisis estructural del Domo Tipo II

Bajo el modelo calculado se obtendrán los siguientes requerimientos para la construcción:

Tabla 15.

Requerimiento de material para la construcción del domo.

COMPONENTES DE LA ESTRUCTURA

Descripción	Cantidad	Longitud	Longitud total
Vigas A	30	7.66 m	229.8 m
Vigas B	40	8.88 m	355.2 m
Vigas C	50	9.07 m	453.5 m
Uniones	106		

Fuente: Elaboración propia

El análisis se realizará mediante el programa SAP2000 donde se verificará la estabilidad estructural frente a las cargas solicitadas.

4.2.3. Análisis y asignación de cargas

Se diseñará según las cargas que nos proporciona la normativa peruana E020, E090 para estructuras metálicas y para las condiciones de sismo se diseñará bajo la norma E030.

4.2.3.1. Carga muerta (D)

Se considera el peso propio de la estructura incluyendo el peso de la cobertura y elementos de unión.

4.2.3.2. Carga viva de techo (L_r)

Solo se considera la carga viva de techo que según la norma E020 es de 30 Kg/m^2 .

Esta se asigna en dirección de la gravedad.

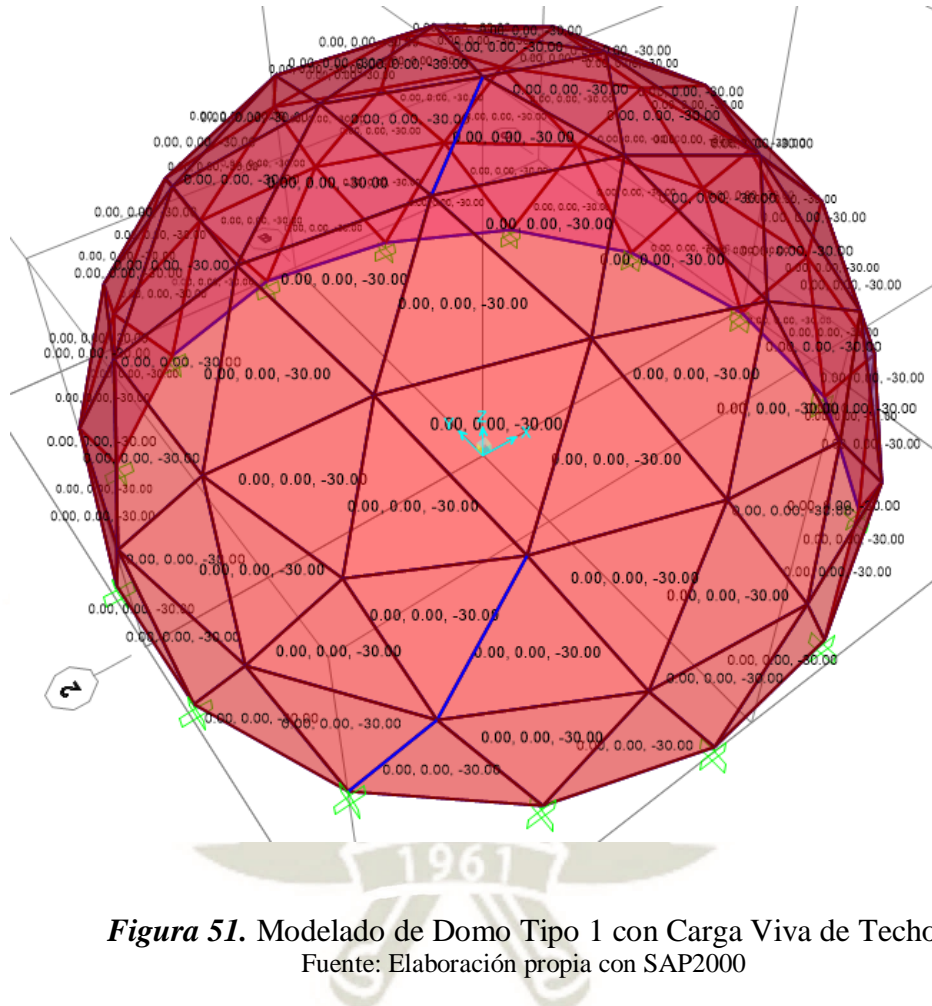


Figura 51. Modelado de Domo Tipo 1 con Carga Viva de Techo
Fuente: Elaboración propia con SAP2000

4.2.3.3. Carga de viento (W)

Se calcula la carga en Arequipa con los siguientes datos:

Velocidad de diseño (V_h) = 75 Km/h

Altura total del Domo = 26.2 m

Altura para cada nivel del domo:

Tabla 16

Niveles de Altura del Domo Tipo 2

Niveles del Domo Tipo 2		
H1	7.7	m
H2	15.3	m
H3	21.6	m
H4	24.8	m
H5	26.2	m

Fuente: Elaboración propia

Velocidad de diseño distribuida en la altura del domo:

Según la fórmula:

$$V_h = V \times \left(\frac{h}{10}\right)^{0.22}$$

Se obtienen los siguientes valores

Tabla 17

Velocidad de Diseño a cada Altura

Velocidad de Diseño a Cada Altura					
H1	7.7	M	Vh1	70.8	Km/Hr
H2	15.3	M	Vh2	82.4	Km/Hr
H3	21.6	M	Vh3	88.8	Km/Hr
H4	24.8	M	Vh4	91.6	Km/Hr
H5	26.2	M	Vh5	92.7	Km/Hr

Fuente: Elaboración propia

Con estos datos obtenemos la carga exterior de viento en cada nivel que se aplicara en a los paneles de la estructura de modo que transmita la carga a los perfiles:

$$P_h = 0.005 \times C \times V_h^2$$

Tabla 18

Carga Exterior de Viento, Domo Tipo 2

Carga exterior de viento		
Ph1	17.526	Kgf/m2
Ph2	23.771	Kgf/m2
Ph3	27.624	Kgf/m2
Ph4	29.370	Kgf/m2
Ph5	30.064	Kgf/m2

Fuente: Elaboración propia

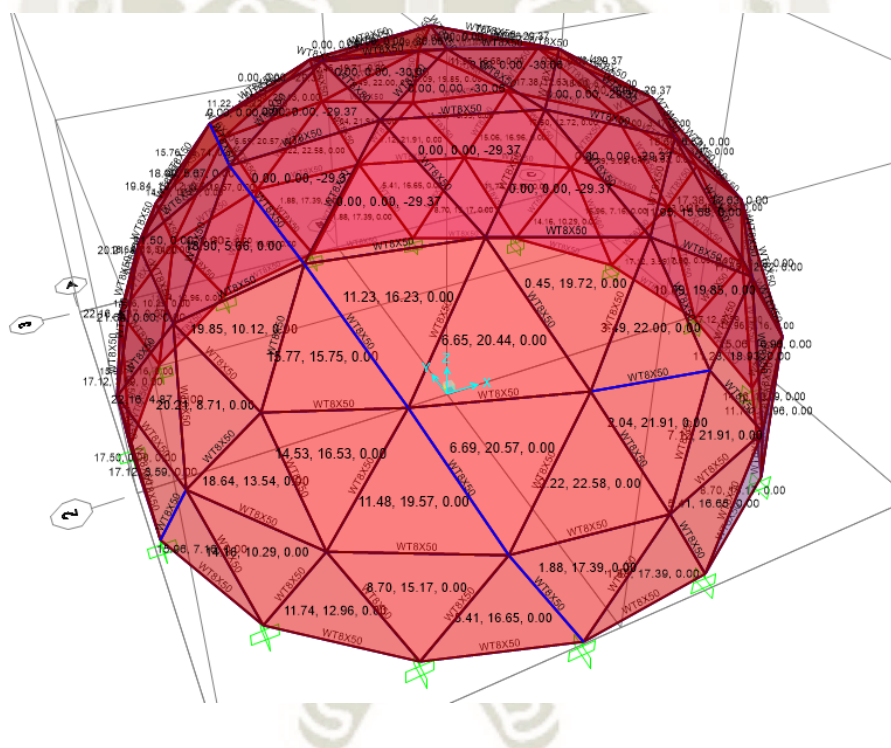


Figura 52. Modelado del Domo Tipo 2 con las Cargas de Viento

Fuente: Elaboración propia con SAP 2000

4.2.3.4. Carga de sismo (E)

Se realizará el cálculo la carga de sismo con espectro con ayuda del programa SAP2000. Para este caso se tienen los siguientes datos:

Factor de Zona (Z): Zona 4 = 0.45

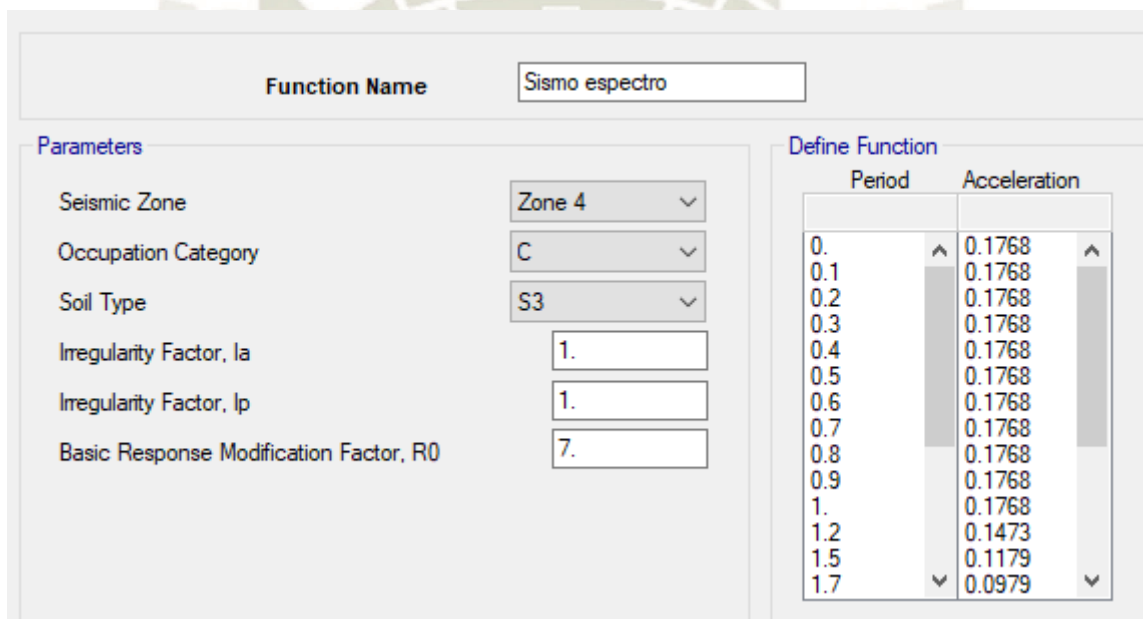
Factor de uso de importancia (U): Edificación común = 1.00

Factor de suelo (S): S3 = 1.10

Coeficiente de reducción sísmica (R) = 7.00

Factor de irregularidad (Ia, Ip) = 1.00

Estos datos se ingresan al programa y se nos muestra la siguiente grafica



Period	Acceleration
0.	0.1768
0.1	0.1768
0.2	0.1768
0.3	0.1768
0.4	0.1768
0.5	0.1768
0.6	0.1768
0.7	0.1768
0.8	0.1768
0.9	0.1768
1.	0.1768
1.2	0.1473
1.5	0.1179
1.7	0.0979

Figura 53. Datos espectro sísmico.
Fuente: Elaboración propia con SAP2000

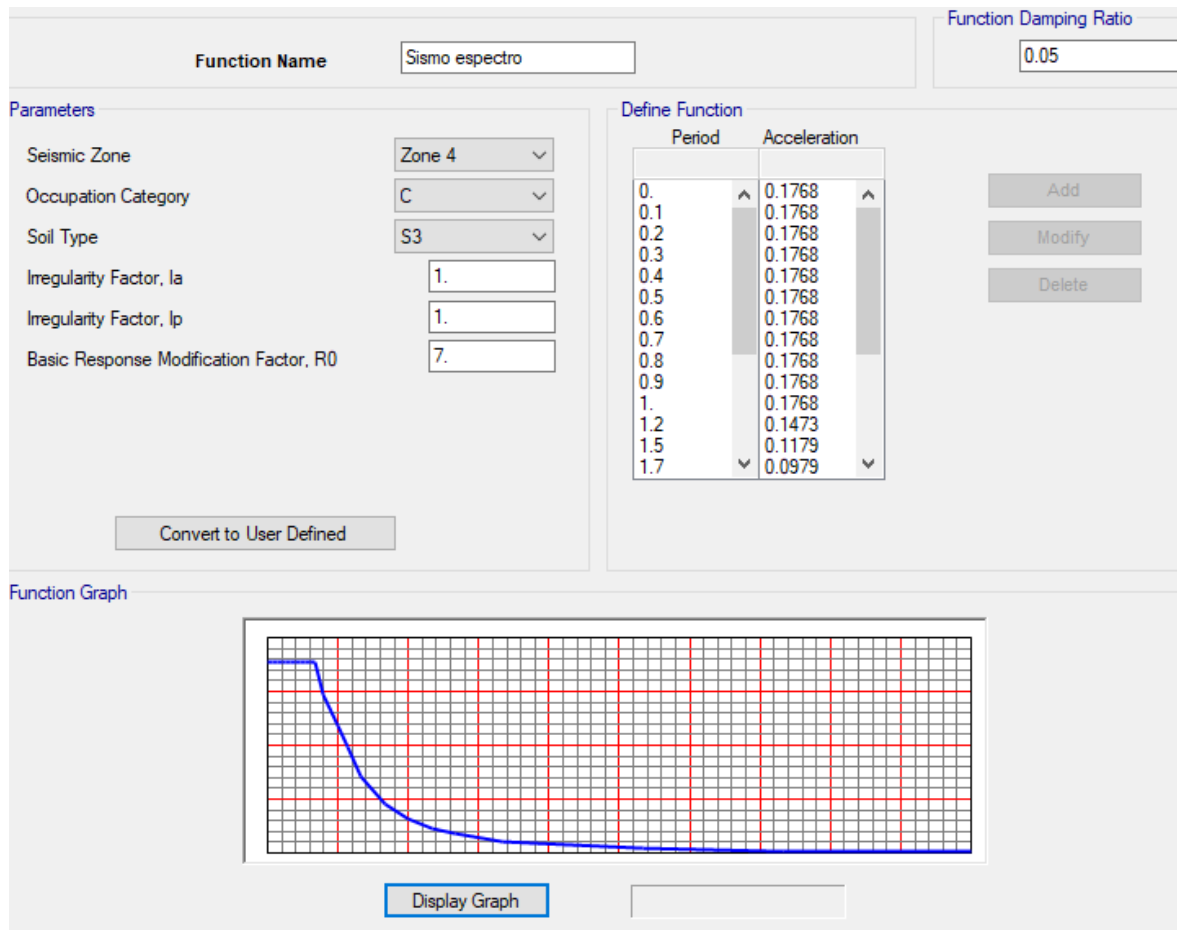


Figura 54. Espectro sísmico
Fuente: Elaboración propia con SAP2000

Periodo fundamental de vibración (T) = 0.63

Factor de amplificación de zona sísmica (C) = 2.50

4.2.4. Combinación de cargas

Debido a que solo disponemos de carga muerta (D), carga viva de techo (Lr), carga de viento (W) y carga de sismo (E) las combinaciones quedan así:

- $U1=1.4D$

- $U2=1.2D + 0.5Lr$
- $U3=1.2D + 1.6Lr + 0.8W$
- $U4=1.2D + 1.3W + 0.5Lr$
- $U5=1.2D + 1.0E$
- $U6=0.9D+(1.3W \text{ ó } 1E)$

La combinación que nos da mayor carga sin considerar la carga muerta es la combinación U3.

- $U3= 72 \text{ Kg/m}^2$

Sin embargo, para análisis consideramos las combinaciones U3, U4 y U5. Estos son ingresados al software para realizar el análisis.

De acuerdo a la combinación de carga detallada anteriormente se obtiene el análisis de capacidad – demanda bajo la normativa LRFD de las secciones:

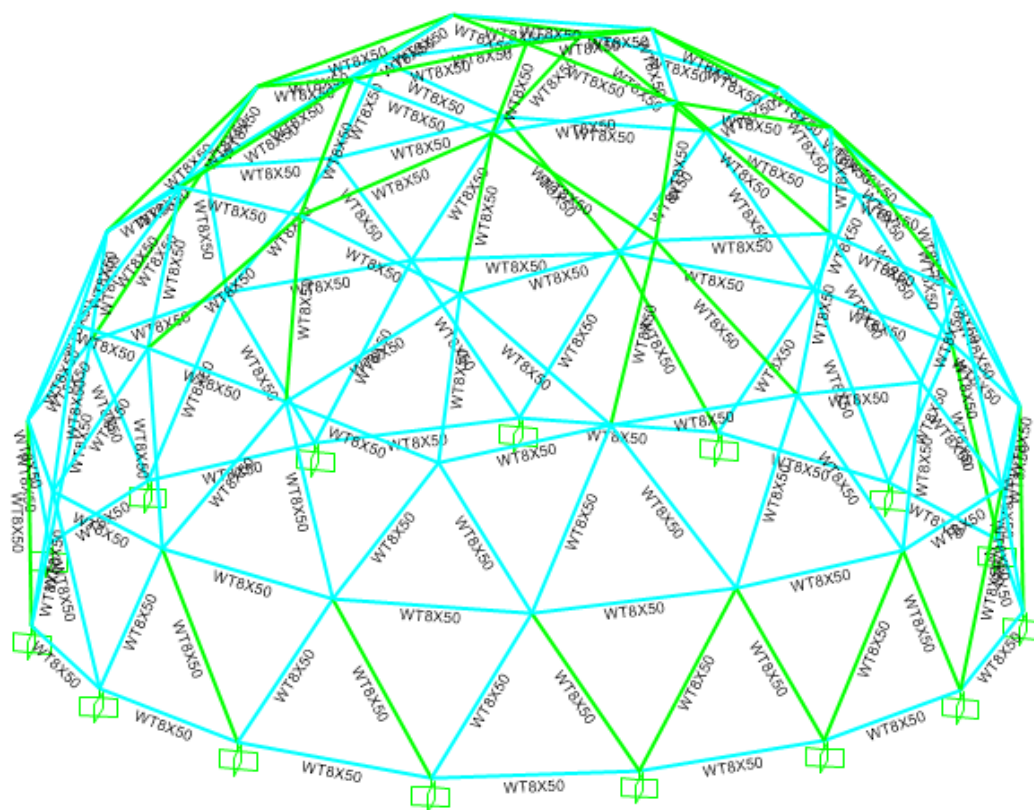


Figura 55. Mapa del análisis de demanda - capacidad de los perfiles del Domo Tipo II.

Fuente: SAP 2000

4.2.5. Selección de perfil

Debido a la disposición del domo de ser de frecuencia 3v, la selección del perfil resulta igual para todos los componentes, por lo tanto, el perfil seleccionado es:

Tabla 19
Cobertura Seleccionada para el Domo Tipo 2

Perfiles	Cantidad	Longitud (m)	Total	Peso (Kg)	Total
WT8x50	165	1466.26		109147.32	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 20
Cobertura Seleccionada para el Domo tipo 2

Tipo de cobertura	Área total (m ²)	Peso (Kg)	Total
Cobertura TR4	3885.00	4288.77	

Fuente: elaboración propia

4.2.6. Pernos de anclaje

Se considerarán 4 pernos por anclaje, contando con 16 anclajes repartidos en la base del domo.

Se debe cumplir:

Para tracción:

$$\phi \times Nn \geq Nu$$

Donde $\phi = 0.75$

Nn es la carga nominal.

Nu es el valor de la carga que soporta el anclaje

Para cortante:

$$\phi \times Vn \geq Vu$$

Donde $\phi = 0.60$

Vn es la carga nominal.

Vu es el valor de la carga que soporta el anclaje

El valor de la carga calculada se sacará del cálculo realizado en SAP 2000 en las unidades inglesas (Lb, in) y se elegirá el punto que tenga mayor reacción:

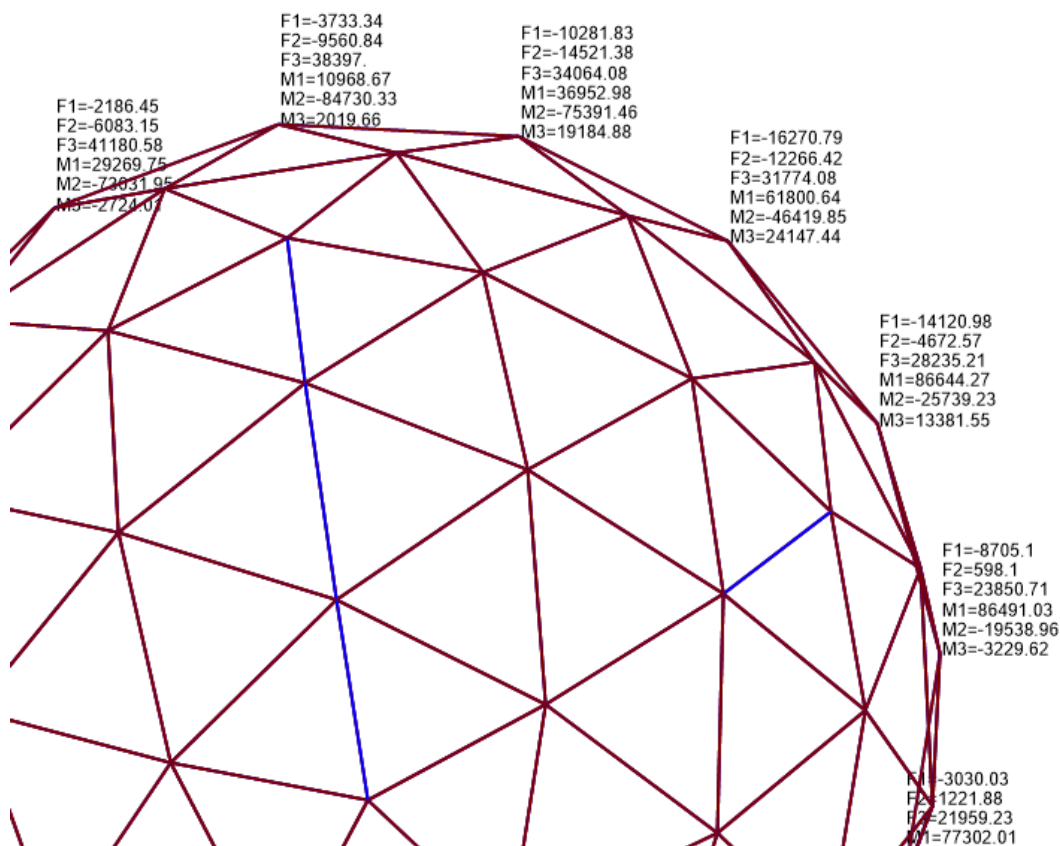


Figura 56. Valor de las reacciones para el cálculo de los pernos de anclaje

Fuente: SAP 2000

En el Anexo N°4 se muestra una tabla con todas las reacciones debidas a cada carga y combinaciones puestas en la estructura, extraídas del programa Sap2000

Se seleccionará los pernos del fabricante Hilti con ayuda del Software HILTI PROFIS ANCHOR



Información de instalación		Símbolo	U	Diámetro nominal de la varilla					
				3/8	1/2	5/8	3/4	7/8	1
Diámetro nominal de la broca		d_o	pulg.	7/16	9/16	3/4	7/8	1	1-1/8
Empotramiento efectivo	Mínimo	$h_{ef,min}$	pulg. (mm)	2-3/8 (60)	2-3/4 (70)	3-1/8 (79)	3-1/2 (89)	3-1/2 (89)	4 (102)
	Máximo	$h_{ef,max}$	pulg. (mm)	7-1/2 (191)	10 (254)	12-1/2 (318)	15 (381)	17-1/2 (445)	20 (508)
Diámetro de la fijación del dispositivo	a través de la placa		pulg. (mm)	1/2 (12.7)	5/8 (15.9)	13/16 ¹ (20.6 ¹)	15/16 ¹ (23.8 ¹)	1-1/8 ¹ (28.6 ¹)	1-1/4 ¹ (31.8 ¹)
	directo en el concreto		pulg. (mm)	7/16 (11.1)	9/16 (14.3)	11/16 (17.5)	13/16 (20.6)	15/16 (23.8)	1-1/8 (28.6)
Torque de instalación		T_{inst}	ft-lb (Nm)	15 (20)	30 (40)	60 (80)	100 (136)	125 (169)	150 (203)
Espesor mínimo del elemento de concreto		h_{min}	pulg. (mm)	$h_{ef}+1-1/4$ ($h_{ef}+30$)		$h_{ef}+2d_o$			
Distancia al borde mínima		c_{min}	pulg. (mm)	1-7/8 (48)	2-1/2 (64)	3-1/8 (79)	3-3/4 (95)	4-3/8 (111)	5 (127)
Espacido mínimo		s_{min}	pulg. (mm)	1-7/8 (48)	2-1/2 (64)	3-1/8 (79)	3-3/4 (95)	4-3/8 (111)	5 (127)

Figura 57. Especificaciones para perno de anclaje Hilti HY 200

Fuente: <https://www.hilti.com.ar>

Exportamos los datos del software SAP 2000 al HILTI PROFIS

Activo	Fuerzas [lb]			Momentos [in-lb]			Comentarios
	Vx	Vy	N	Mx	My	Mz	
<input checked="" type="radio"/>	16,270.79	15,581.31	53,771.46	86,644.27	87,841.82	24,147.44	Cargas de diseño
<input type="radio"/>	0	0	0	0	0	0	Cargas sostenidas

Figura 58. Cargas exportadas de SAP 2000 a HILTI PROFIS en unidades inglesas

Fuente: HILTI PROFIS

Obtendremos la recomendación de anclajes para las cargas solicitadas

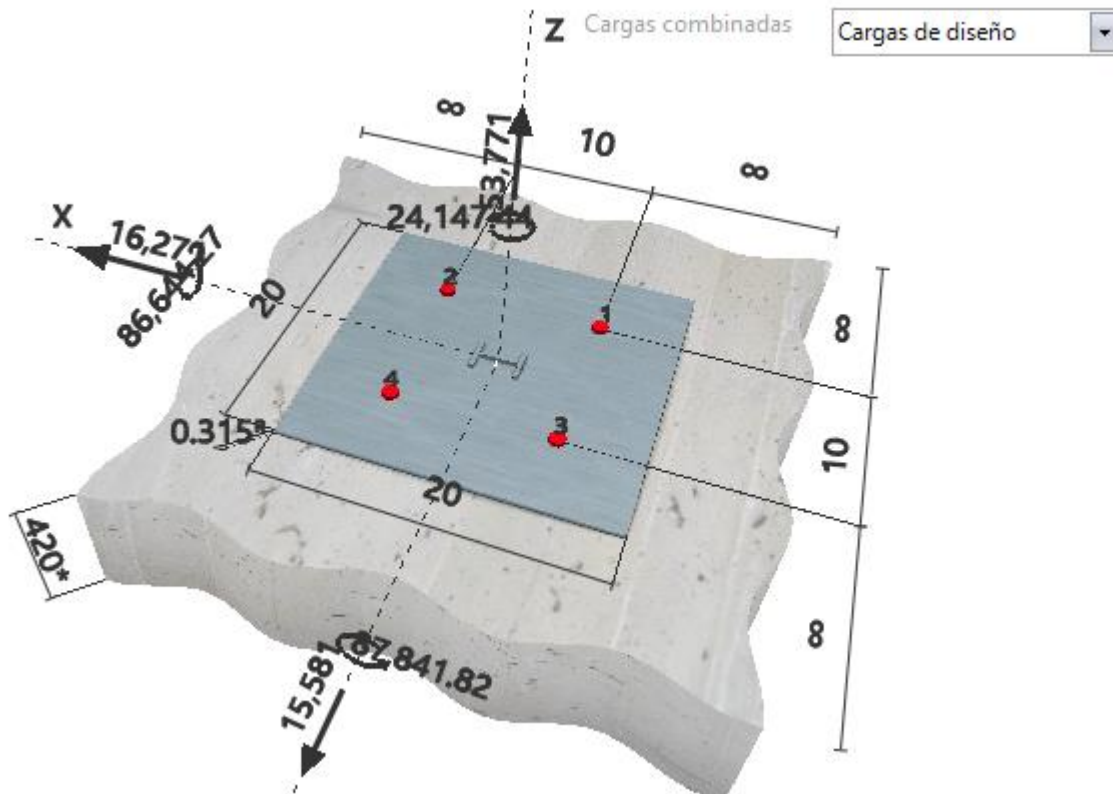


Figura 59. Esquema de cargas aplicadas al anclaje
Fuente: HILTI PROFIS

La recomendación de pernos de anclaje que nos brinda el software es el:

Anclaje	Métrica	Total	Geometría	Profundidad de empotramie
Familia de anclaje : HIT-HY 200 + HAS (4 items)				
HIT-HY 200 + HAS-B-105 (ASTM F1554 Gr.105)	1	100 %	●	18.622
HIT-HY 200 + HAS-B-105 HDG (ASTM F1554 Gr.105)	1	100 %	●	18.622
HIT-HY 200 + HAS-E B7	1	100 %	●	18.661
HIT-HY 200 + HAS-E B7 HDG	1	100 %	●	18.661

Figura 60. Pernos recomendados para el anclaje según las cargas en los apoyos del domo.
Fuente: HILTI PROFIS

Se escogerá el perno HIT-HY 200 + HAS-B-105 (ASTM F1554 Gr.105) 1" x 18.622" por ser comercial.

De acuerdo a esto se tiene el siguiente calculo:

Fallo por acero a tracción:

$$\phi \times N_n \geq N_u$$

$$\phi = 0.75$$

Nu lo podemos obtener de calcular de la siguiente manera:

Tenemos la misma configuración del Domo Tipo 1:

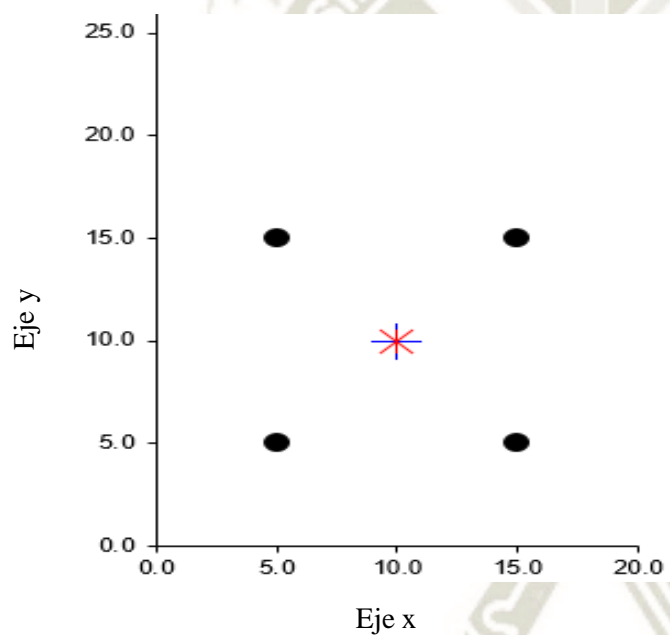


Figura 61 Configuración de pernos del Domo Tipo II

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21
Coordenadas de los pernos del Domo Tipo II

Coordenadas de los pernos		
	Xo (in.)	Yo (in.)
1:	5.000	5.000
2:	15.000	5.000
3:	5.000	15.000
4:	15.000	15.000

Fuente: Elaboración propia

Para obtener las propiedades del grupo de pernos calculamos el centro de gravedad y los momentos de inercia.

Tabla 22
Propiedades del grupo de pernos del Domo Tipo II

Propiedades del grupo de pernos		
Xc =	10.000	in.
Yc =	10.000	in.
Ix =	100.00	in.^2
Iy =	100.00	in.^2
J =	200.00	in.^2
Ixy =	0.00	in.^2

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23
Posición de carga y datos del Domo Tipo II

Posición de carga y datos	
X-Cordenada (in.) =	10.000
Y-Cordenada (in.) =	10.000
Z-Cordenada (in.) =	0.000
Carga axial, Pz (k) =	53.77
Carga cortante, Px (k) =	16.27
Carga cortante, Py (k) =	15.58
Momento, Mx (in-k) =	86.64
Momento, My (in-k) =	87.84
Momento, Mz (in-k) =	24.15

Fuente: Elaboración propia

Para calcular la fuerzas axiales y cortantes debido a los momentos se hace uso de la siguiente formula:

Para las resultantes axiales:

$$R_z = \frac{-\Sigma P_z}{Nb} + \frac{(\Sigma M_y) * I_x - (-\Sigma M_x) * I_{xy}}{I_x * I_y - I_{xy}^2} * X_b + \frac{(\Sigma M_x) * I_y - (\Sigma M_y) * I_{xy}}{I_x * I_y - I_{xy}^2} * Y_b$$

Para las resultantes de corte:

$$R_h = \sqrt{\left(\frac{\Sigma H_x}{Nb} + (\Sigma M_z) * \frac{Y_b}{J}\right)^2 + \left(\frac{\Sigma H_y}{Nb} + (\Sigma M_z) * \frac{X_b}{J}\right)^2}$$

Tabla 24

Resultados de las Fuerzas Resultantes del Domo Tipo II

	Resultados	
	Fuerzas Resultantes (k)	
	Axial Nu	Cortante Vu
1:	-13.50	5.71
2:	-4.72	6.49
3:	-22.17	4.78
4:	-13.38	5.68

Fuente: Elaboración propia

Entonces

$$Nu = 22\,170 \text{ Lb}$$

$$Nsa = Ase \times Fu$$

$$Ase = 0.6057 \text{ in}^2$$

$$Fu = 125.000 \text{ Psi}$$

$$Nsa = 0.6057 \text{ in}^2 \times 125000 \text{ Psi}$$

$$N_{sa} = 75\,712.5 \text{ Lb}$$

$$0.75 \times 75\,712.5 = 56\,784.38 \text{ Lb} \geq 22\,170 \text{ Lb} \therefore \text{Cumple!}$$

Fallo por acero a cortante

$$\phi \times V_{sa} \geq V_u$$

$$\phi = 0.65$$

$$V_u = 6\,490 \text{ Lb}$$

$$V_{sa} = 0.6 \times A_{se} \times F_u$$

$$A_{se} = 0.6057 \text{ in}^2$$

$$F_u = 125.000 \text{ Psi}$$

$$V_{sa} = 0.6 \times 0.6057 \text{ in}^2 \times 125\,000 \text{ Psi}$$

$$V_{sa} = 45\,430 \text{ Lb}$$

$$0.65 \times 45\,430 \text{ Lb} = 29\,529.5 \text{ Lb} \geq 6\,490 \text{ Lb} \therefore \text{Cumple!}$$

De acuerdo a los cálculos se escogerán los siguientes pernos:



Figura 62. Perno de anclaje HIT-HY 200 + HAS-B-105

Fuente: HILTI PROFIS

Tipo y tamaño de anclaje: HIT-HY 200 + HAS-B-105 (ASTM F1554 Gr.105) 1"

Profundidad efectiva de anclaje: $h_{ef} = 18.622$ pulg.

Material: ASTM A 1554 Grade 105

Peso aproximado: 10 Kg c/u

Cantidad: 60 unidades

4.2.7. Costo de fabricación

Para el cálculo del costo de fabricación y montaje se cotizo con empresas dedicadas al rubro metal mecánica teniendo el presupuesto siguiente:

Tabla 25

Costo de Fabricación del Domo Tipo 2

ITEM	Descripción del trabajo de fabricación y montaje	Valor	c/u \$	Precio \$
1	Suministro, perforación y colocación de perno de anclaje químico	Kg 60	6.5	390
2	Suministro, montaje y fabricación de estructura metálica WT8x50	Kg. 109147.32	10	1091473.2
6	Suministro cobertura TR-4 o similar	m2 3885	50	194250
TOTAL				1286113.2

Fuente:

Elaboración Propia

4.3.RESULTADOS COMPARATIVOS DE LOS DOMOS TIPO I Y TIPO II

Los resultados obtenidos a través del análisis se muestran en la tabla siguiente:

Tabla 26

Tabla de Resultados

DOMO	TIPO 1	TIPO 2
------	--------	--------

PERFIL USADO	WT5x30 WT5x56 WT6X60 WT9X65	WT8X50
CANTIDAD COMOPONENTES	DE 256	165
MAXIMA LONGITUD DE UNA BARRA (mm)	DE 10,205.8	9,211.4
CARGA AXIAL MAXIMA (Tonf)	20.9780	19.9929
COMBINACIONES DONDE OCURRE LA CARGA AXIAL MAXIMA	U3=1.2D + 1.6Lr + 0.8W U4=1.2D + 1.3W + 0.5Lr	U3=1.2D + 1.6Lr + 0.8W U4=1.2D + 1.3W + 0.5Lr
PESO DE COBERTURA (kg)	3,571.78	4,288.77
PESO DE PERFILES (kg)	144,938.28	109,147.32
AREA (m ²)	2,976.5	3,885.0
COSTO DE FABRICACION (\$)	1,598,614.8	1,286,113.2

Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

- Se logró modelar una estructura tipo domo utilizando softwares para el diseño, modelamiento y análisis estructural, para el encapsulamiento de materiales finos y polvo emitido durante el proceso de almacenamiento del material proveniente del área de chancado y molienda.
- Se diseñó la estructura del Domo Tipo 1 y Tipo 2 de acuerdo a las normas técnicas peruanas E020, E030 E090 y la especificación AISC-LRFD, brindándonos los resultados en cuanto a resistencia de las cargas sobre los componentes estructurales de ambos tipos de domo.
- Se logro realizar la comparación de los resultados de análisis de carga que soporta cada configuración estructural de los dos tipos de domos, resultando la estructura del domo Tipo 2 más optima en comparación con el domo tipo I.
- Se logro seleccionar los perfiles estructurales para ambos tipos de Domo y la estimación de los costos de fabricación para cada tipo de domo, observando que el domo Tipo 2 resulta más económico para fabricación y montaje con un costo de \$ 1,286,113.2. en cambio, el domo Tipo 1 tiene un costo económico para fabricación y montaje de \$ 1,598,614.8.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar un análisis de las conexiones de los nodos en los componentes estructurales para la fabricación y montaje del domo a construir, para poder elaborar planos de detalle en cuanto a las uniones atornilladas y soldadas
- Realizar otros análisis estructurales utilizando diferentes perfiles, materiales y variaciones en la configuración estructural en los domos para obtener más opciones en cuanto al diseño y la variación de las dimensiones.
- Se recomienda utilizar otros softwares de diseño para realizar la comparación de los resultados obtenidos en el desarrollo de esta investigación.
- Se recomienda utilizar métodos de ensayos destructivos y no destructivos en las uniones atornilladas y uniones soldadas durante la fabricación y montaje.
- Se recomienda utilizar las estructuras tipo domo en otras aplicaciones industriales, viviendas y agricultura, como medio de aislamiento y protección para las personas, equipos y medio ambiente.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Aguilar, J. (2013). Explotación Minera Preparación y Concentración. Online. Aviable.
<http://recursosbiblio.url.edu.gt/Libros/2013/cmII/2.pdf>
- Aravena, D. & Vásquez, H. (2015). Diseño Dinámico y Estructural de una Medialuna Cubierta para Training. Concepción Chile: Universidad de Bio – Bio.
- Blanco E. (2016). Apuntes de mineralurgia y tecnología mineralúrgica. Santander, España: Ediciones TGD.
- Cabrejos, F. (2015). Diseño y Operación de StockPiles en Operaciones Mineras. Chile.
- Camus, D. (2009), Determinación, Modelación y Mitigación de la generación de polvo en un Stockpile Minero”. Chile: Universidad Técnica Federico Santa María.
- Canadell, S. (2014). Estudio Estructural de Domos Realizados con la Técnica de Falsa Cúpula y Superadobe. Barcelona. España: Escola de Camins.
- Chipana, A. (2018). Diseño del Sistema de Captación de Polvo Centralizada para Control del Impacto Ambiental en la Sociedad Minera Corona. Huancayo. Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Codelco Chile. (2018). Chancado “Reduciendo Rocas”. Chile: Codelco Educa.
- Codelco Chile. (2019). Molienda “Todo a la Molienda”. Chile: Codelco Educa.
- Conley, H. (2012). Presiones en la Base de un Stockpile. Chile: Universidad Técnica Federico Santa María.
- Contreras, C. (2004). Procesos y Espacios Mineros. México: El Colegio de la Frontera del Norte.
- Fernández J. (2019). Metso Superior MKIII, la chancadora primaria giratoria que revoluciona la minería. Perú: Energiminas.

- Gonzales, M., Torres, J., Labarthe, G., Aguillon, A. & Yza, R. (2012). Control Estructural para el Emplazamiento de Vetas y Domos Félsicos en el Distrito Minero de Zacatecas. Zacatecas. México. Boletín de la Sociedad Mexicana
- Hurtado J. (2015). Domos en minería, estructuras versátiles. Chile. Construcción Minera.
- Milan Y. (2018). Encapsulamiento de materiales de cambio de fase inorgánicos. Influencia en sus propiedades termofísicas. Chile: Universidad de Antofagasta.
- Montseny, R. (2019). Manual Práctico de Construcción de Domos Geodésicos. Online. Aviable. <http://www.comunidadoasis.com/tienda/libros/195-manualdomos>.
- Moreyra C., Yabar M. & Benavides, D. (2014). “Diseño de Planta de Chancado en la Producción de Cobre”. Perú: Universidad del Callao.
- Núñez Q. (1986). Ingeniería Metalúrgica. Operaciones unitarias en procesamiento de minerales. Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Parisaca C. (2015). Evaluación del circuito de chancado y optimización de su performance de planta de óxidos Tintaya Antapaccay. Arequipa, Perú: Universidad Nacional de San Agustín.
- Perez, C. (2018). Procedimiento para la modelación y análisis estructural por el método de lo elementos Finitos de un Domo Geodéseico para tapa de tanques de almacenamiento de Combustible. Cuba: Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas.
- Perez, R. (2012). Análisis y Modelamiento de Domos de aluminio para la Construcción de Tanques de Combustible. Santa Clara. Cuba: Universidad Central “Marta Abreu”
- Porto, J. & Merino, M. (2019) Definición de Domo. Online. Aviable. <https://definicion.de/domo/>.

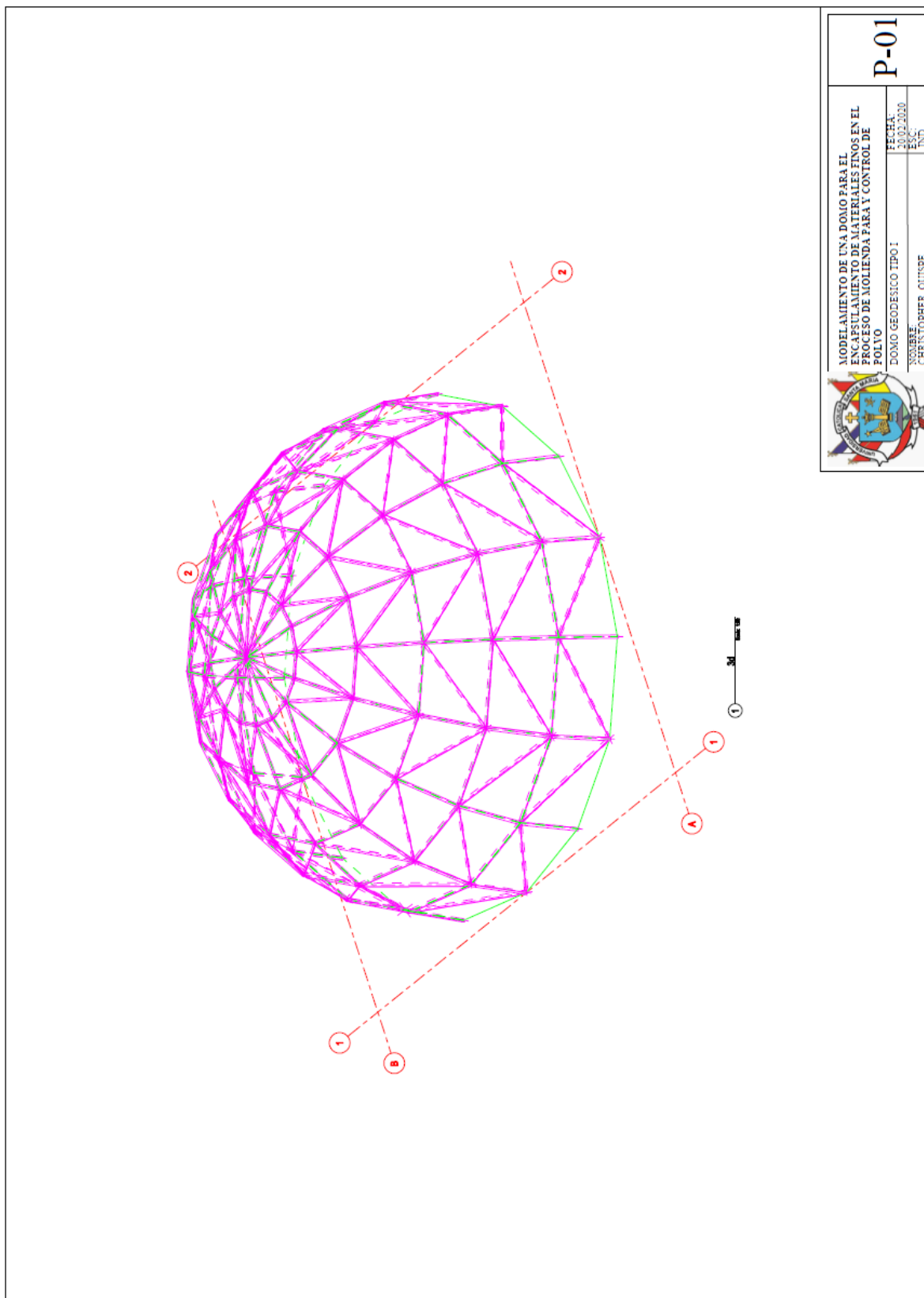
- Ruiz, I. (2016). Polvo: Prevención de Riesgos y Control en el Ambiente de Trabajo. España: Instituto Gallego de Seguridad & Salud Laboral.
- Sagastegui, A. (2012). Propuesta para Reducir las Emisiones de Polvo Fugitivo en el Proceso Productivo de una Empresa de Mitigación de Material Particulado en el Área de Chancado Mediante la Aplicación de Niebla Seca en la Unidad Velen de la Empresa Minera Tital del Perú S.R.L. Arequipa. Perú: Universidad Nacional de San Agustín.
- Tejada, O. (2018), Implementación de un Sistema de Mitigación de Material Particulado en el Área de Chancado Mediante la Aplicación de Niebla Seca en la Unidad Belén de la Empresa Minera Titán del Perú S.R.L. Arequipa. Perú: Universidad Nacional de San Agustín.
- Vicente, J. (2016). Optimización de Tamaños de Transferencia en Chancado y Molienda Sewell Mediante Simulación de Procesos Codelco División El Teniente. Valparaíso. Chile: Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.
- Zela, A. (2017). Planificación y Reprogramación del Mantenimiento de Instrumentación de la Planta de Chancado Primario Compañía Antapaccay. Arequipa. Perú: Universidad Nacional de San Agustín.
- MEDIAactive (2010). El Gran Libro de AutoCad 2010, Barcelona, España: Editorial Marcombo S.A.
- Rodríguez C. (2015). Diseño mecánico con Solidworks 2015, Madrid, España: Editorial: RA-MA
- Hernández E. (2012). Manual de Aplicación del Programa SAP2000 v14. Recuperado de <https://civilgeeks.com/2014/06/23/manual-de-sap2000-ing-eliud-hernandez/>

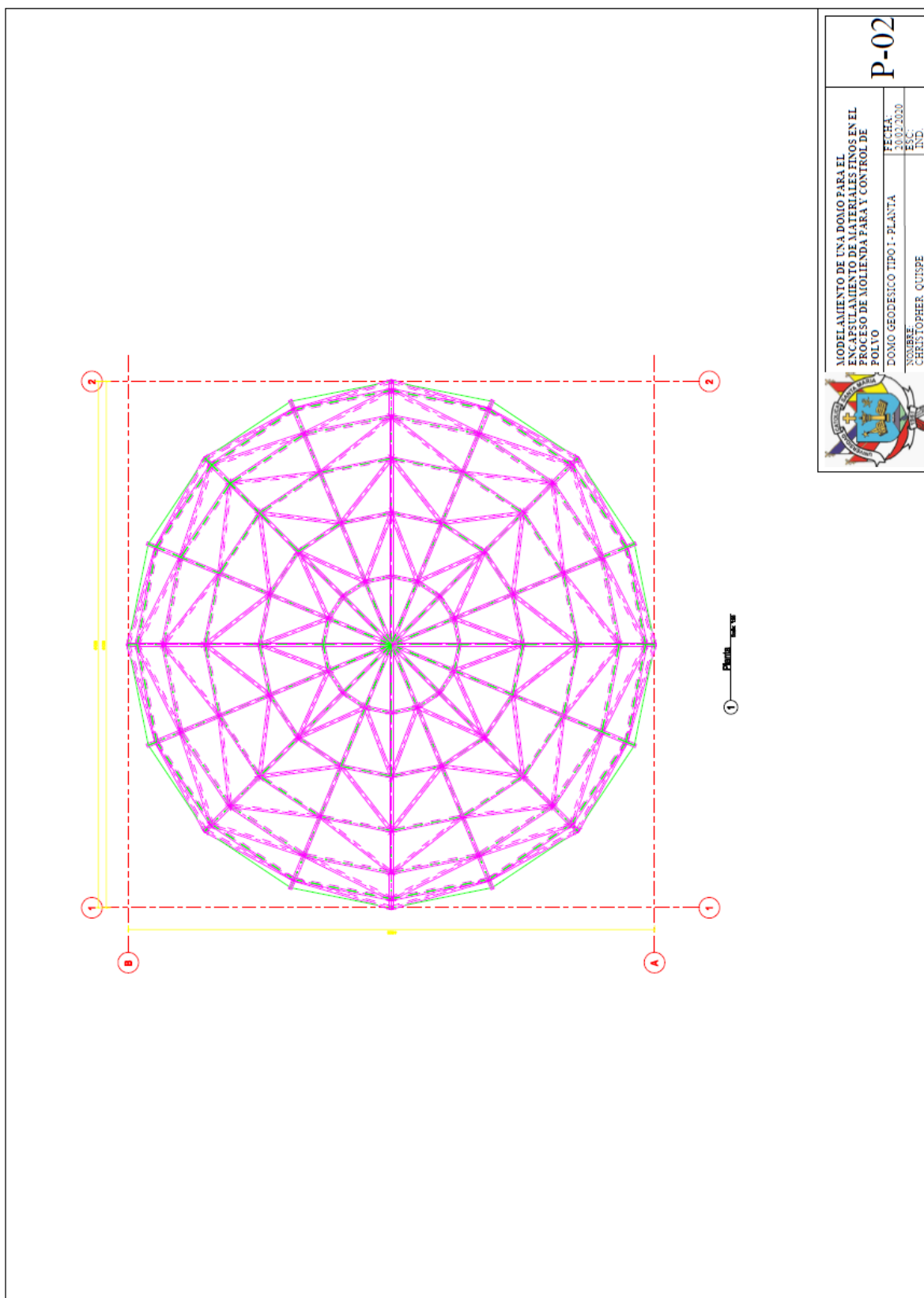
Trimble (2017). Tekla Structures 2017i Modelado. Recuperado de

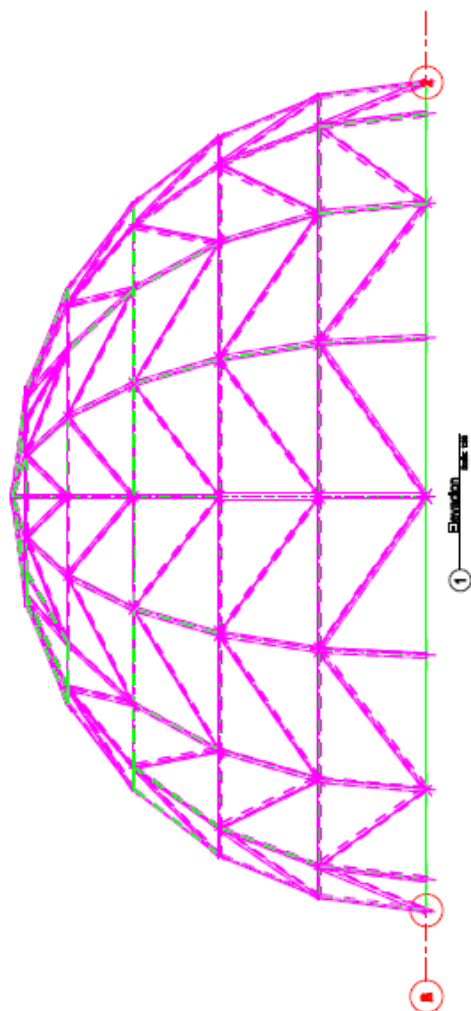
<https://teklastructures.support.tekla.com/system/files/manual/Modelado2017i.pdf>




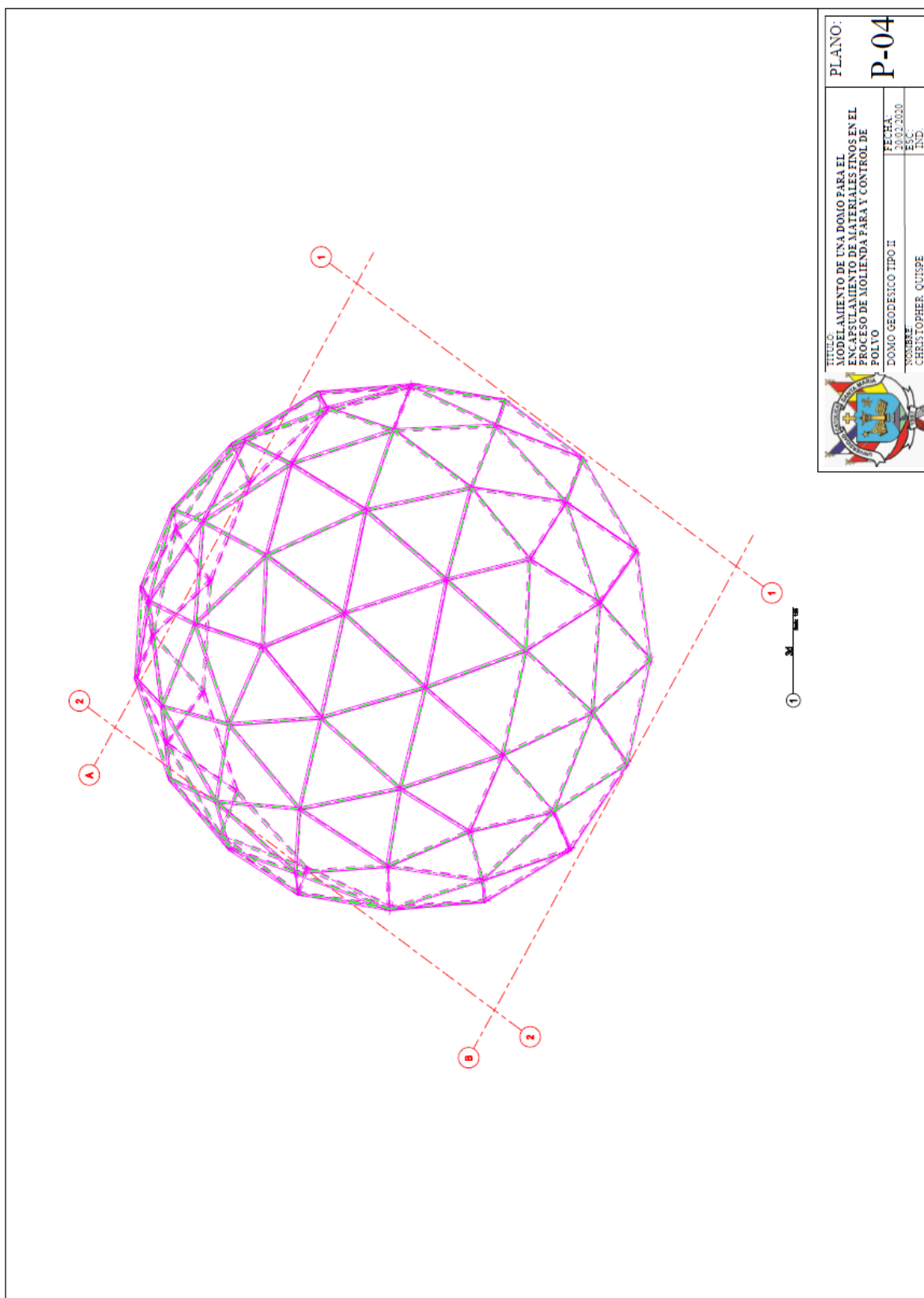
PLANOS

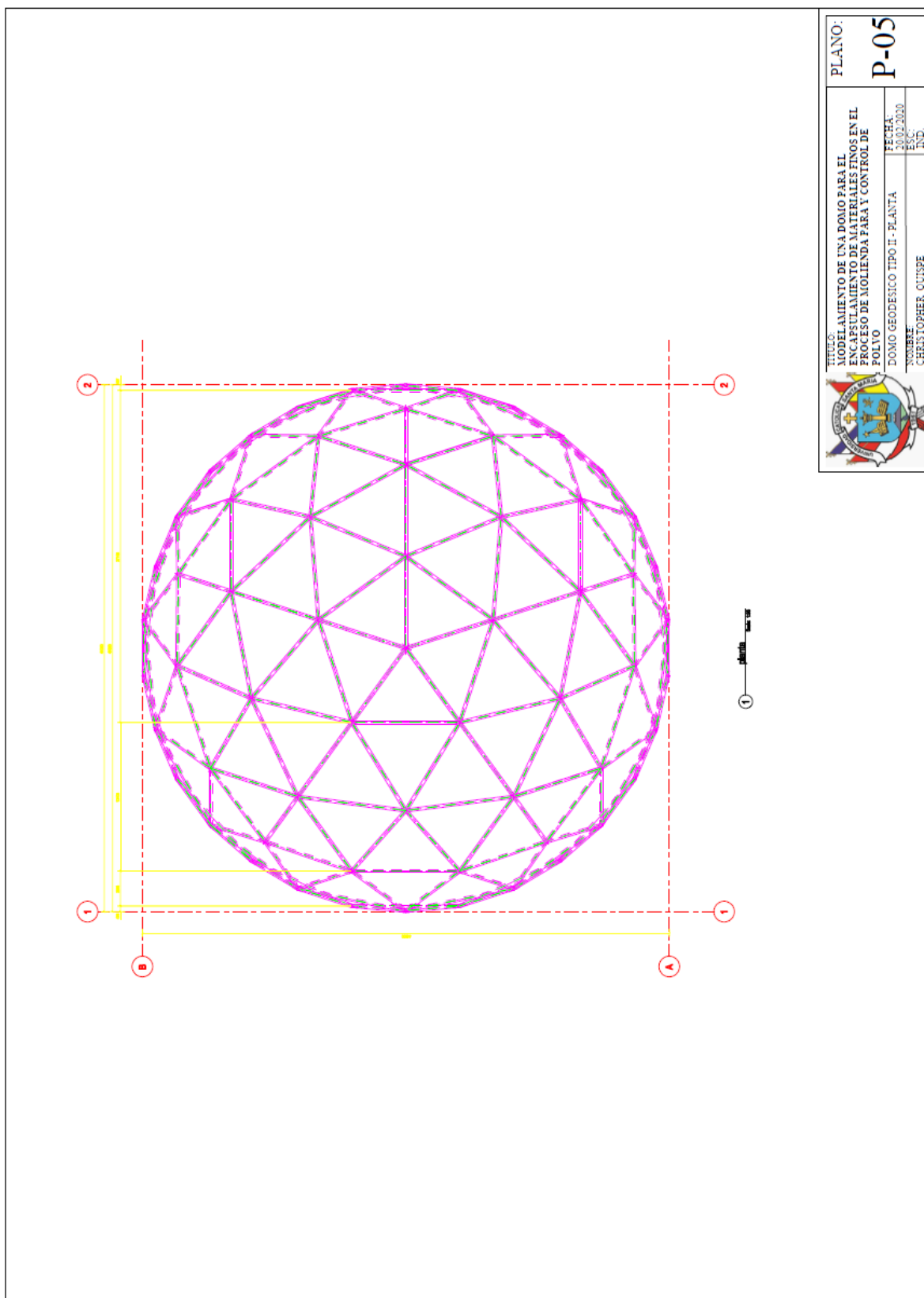


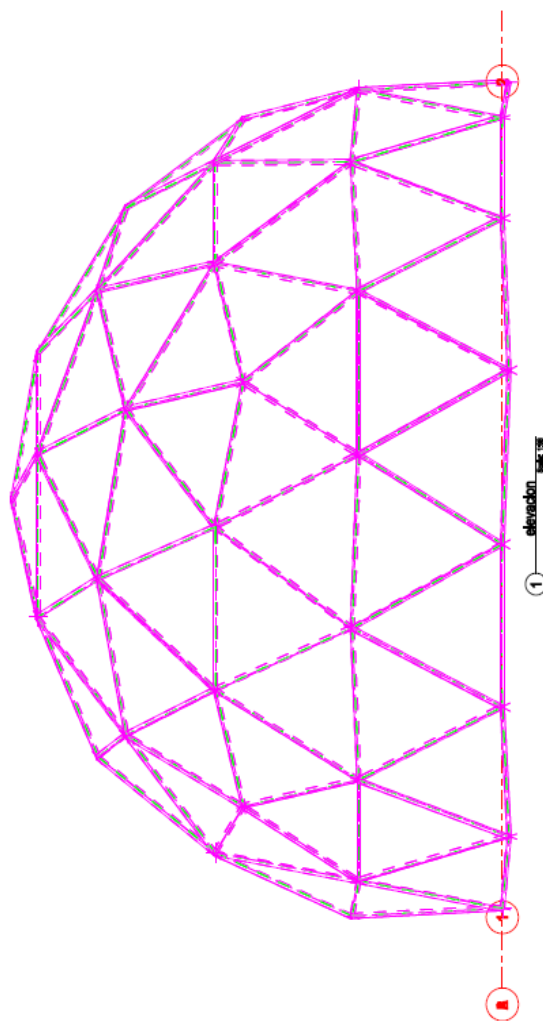




		P-03	
		MODELAMIENTO DE UNA DOMO PARA EL ENCAPSULAMIENTO DE MATERIALES FINOS EN EL PROCESO DE MOLIENDA PARA Y CONTROL DE POLVO	
DOMO GEODÉSICO TIPO 1 - ELEVACION		FECHA: 15/06/2020	ESCALA: IND.
NOMBRE: CHRISTOPHER QUIRPE			







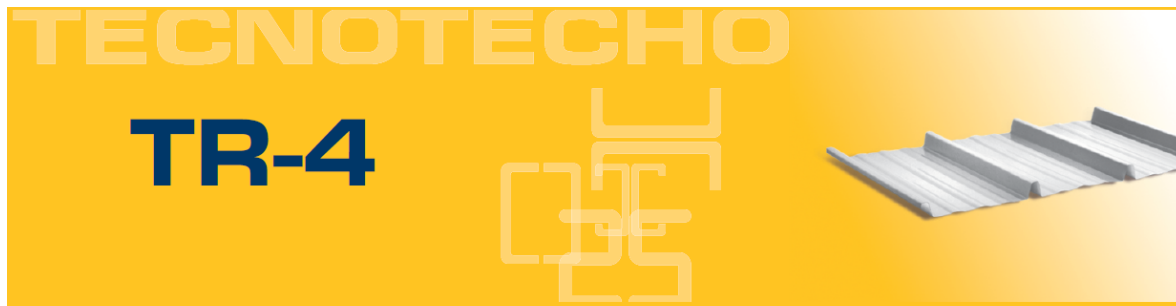
MODELAMIENTO DE UNA DOMO PARA EL
ENCAPSULAMIENTO DE MATERIALES FINOS EN EL
PROCESO DE MOLIENDA PARA Y CONTROL DE
POLVO

DOMO GEODESICO TIPO II - ELEVACION
FECHA: 12-07-2020
Escala: 1:50
NOMBRE: CHRISTOPHER QUINTANA
TND

P-06

ANEXOS

ANEXO N°1: FICHA TECNICA DE CUBIERTA TR4



DESCRIPCIÓN

Gama de paneles metálicos para coberturas y fachadas, con 4 trapecios que otorgan resistencia estructural, facilidad de instalación y superior acabado, ideal para edificaciones comerciales, industriales y de servicio.

CARACTERÍSTICAS

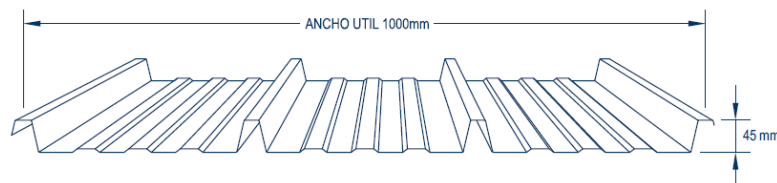
Material : Acero Zincalume ASTM A792, AZ 150.
Espesor (e) : 0,35; 0,40; 0,45; 0,50; 0,55; 0,60; 0,75 y 0,80mm.

Acabado Cara Superior:

Pintura : Poliéster líquida de espesor 25 micras, sobre primer uretano.
Colores : Blanco (RAL 9003), Azul (RAL 5007), Rojo (RAL 3020), Gris (RAL 7040) y Verde (RAL 6001). Consulte por nuestros colores especiales.

Acabado Cara Inferior o Trascara:

Pintura : Base líquida de 10 micras.
Largo : A pedido, desde 1 m hasta 12 m.





**Asesoría
Post venta**


VENTAJAS

- Asesoría técnica especializada (desarrollo de planos de montaje, detalles y metrados).
- Capacidad para matizar con alta precisión cualquier color del código RAL debido al Centro de Matizado "in house" de última generación.
- Excelente acabado arquitectónico.
- Completa línea de accesorios, sellos y fijaciones.
- Gran resistencia estructural.
- Ahorro en estructura portante.
- Fácil y rápido de instalar.

TABLA DE CARGAS (Kg / m²)

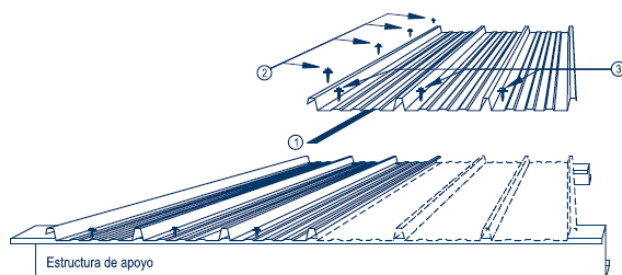
Espesor e	Peso del Panel												
mm	Kg / m ²	L(m) =	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	
0,35 - 0,40	3,35	P (Kg / m ²) =	266	169	117	---	---	---	---	---	---	---	
0,45 - 0,50	4,30	P (Kg / m ²) =	342	218	150	109	---	---	---	---	---	---	
0,55 - 0,60	5,26	P (Kg / m ²) =	419	266	183	133	101	---	---	---	---	---	
0,75 - 0,80	7,17	P (Kg / m ²) =	571	363	250	182	137	107	---	---	---	---	

Espesor e	Peso del Panel												
mm	Kg / m ²	L(m) =	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	
0,35 - 0,40	3,35	P (Kg / m ²) =	266	169	117	---	---	---	---	---	---	---	
0,45 - 0,50	4,30	P (Kg / m ²) =	342	218	150	109	---	---	---	---	---	---	
0,55 - 0,60	5,26	P (Kg / m ²) =	419	266	183	133	101	---	---	---	---	---	
0,75 - 0,80	7,17	P (Kg / m ²) =	571	363	250	182	137	107	---	---	---	---	

Espesor e	Peso del Panel												
mm	Kg / m ²	L(m) =	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	
0,35 - 0,40	3,35	P (Kg / m ²) =	334	212	146	107	---	---	---	---	---	---	
0,45 - 0,50	4,30	P (Kg / m ²) =	429	273	188	137	104	---	---	---	---	---	
0,55 - 0,60	5,26	P (Kg / m ²) =	525	334	230	168	127	---	---	---	---	---	
0,75 - 0,80	7,17	P (Kg / m ²) =	715	455	314	229	173	136	108	---	---	---	

* Acero zincalúmin ASTM A792, AZ 150.
 * Las cargas se han calculado considerando que la sección es totalmente efectiva y que la deflexión máxima por carga viva es L/200.
 * Las cargas vivas son netas. El peso propio del panel ha sido incluido en la verificación de resistencia y deflexión.
 * Largo del panel hasta 12m.

DETALLE DE INSTALACIÓN



1. Cinta butil 3/8" a lo largo del traslape transversal.
2. Tornillo autoroscante #8x3/4" punta fina cada 750mm max., sobre traslape longitudinal.
3. Tornillo autoperforante #10x3/4" punta broca, sobre estructura de apoyo.

Nota: Nuestros paneles vienen provistos de una película plástica de protección que debe ser retirada una vez terminado el proceso de instalación. Caso contrario, el sol, la humedad y la intemperie vulcanizarán la película plástica y se pegará al panel causando daños irreversibles a la pintura.

ANEXO N°2: FICHA TECNICA PERNOS DE ANCLAJE

3.2.3 Sistema de anclaje adhesivo HIT-HY 200

3.2.3.3.3 Adhesivo HIT-HY 200 con varilla roscada HAS



Figura 9 – Condiciones de instalación de la varilla roscada HAS

Condiciones de concreto admisibles		Concreto no fisurado		Concreto seco	Métodos de perforación admisibles		Perforación con taladro con broca con cabeza de carburo
		Concreto fisurado		Concreto saturado			Broca Hueca Hilti TE-CD o TE-YD

Tabla 38 – Especificaciones de la varilla roscada HAS

Información de instalación		Símbolo	U	Diámetro nominal de la varilla							
				3/8	1/2	5/8	3/4	7/8	1	1-1/4	1-3/8
Diámetro nominal de la broca		d_o	pulg.	7/16	9/16	3/4	7/8	1	1-1/8	1-3/8	1-3/8
Empotramiento efectivo	Mínimo	$h_{ef,min}$	pulg. (mm)	2-3/8 (60)	2-3/4 (70)	3-1/8 (79)	3-1/2 (89)	3-1/2 (89)	4 (102)	5 (127)	5 (127)
	Máximo	$h_{ef,max}$	pulg. (mm)	7-1/2 (191)	10 (254)	12-1/2 (318)	15 (381)	17-1/2 (445)	20 (508)	25 (635)	25 (635)
Diámetro de la fijación del dispositivo	a través de la placa		pulg. (mm)	1/2 (12.7)	5/8 (15.9)	13/16 (20.6)	15/16 (23.8)	1-1/8 (28.6)	1-1/4 (31.8)	1-1/2 (38.1)	1-1/2 (38.1)
	directo en el concreto		pulg. (mm)	7/16 (11.1)	9/16 (14.3)	11/16 (17.5)	13/16 (20.6)	15/16 (23.8)	1-1/8 (28.6)	1-3/8 (34.9)	1-3/8 (34.9)
Torque de instalación		T_{inst}	ft-lb (Nm)	15 (20)	30 (40)	60 (80)	100 (136)	125 (169)	150 (203)	200 (271)	200 (271)
Espesor mínimo del elemento de concreto		h_{min}	pulg. (mm)	$h_{ef} + 1-1/4$ ($h_{ef} + 30$)		$h_{ef} + 2d_o$					
Distancia al borde mínima		c_{min}	pulg. (mm)	1-7/8 (48)	2-1/2 (64)	3-1/8 (79)	3-3/4 (95)	4-3/8 (111)	5 (127)	6-1/4 (159)	6-1/4 (159)
Espacido mínimo		s_{min}	pulg. (mm)	1-7/8 (48)	2-1/2 (64)	3-1/8 (79)	3-3/4 (95)	4-3/8 (111)	5 (127)	6-1/4 (159)	6-1/4 (159)

Figura 10 – Varillas roscadas HAS

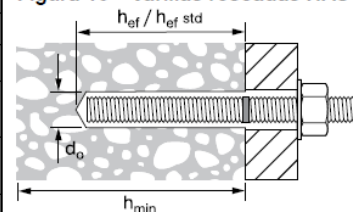


Figura 11 – Instalación con arandelas



1 Instale utilizando (2) arandelas. Véase la Figura 11..

Especificaciones de la varilla roscada de acero al carbono HAS-E

Las varillas roscadas de acero de carbono cumplen con ISO 898 clase 5.8, con una resistencia mínima a la tracción (f_u) de 72.5 ksi (500 MPa) y una resistencia mínima a la fluencia (f_y) de 58 ksi (400 MPa).

Las tuercas HAS-E cumplen con SAE J995 Grado 5.

Las arandelas HAS-E cumplen con ASTM F884, HV, y ANSI B18.22.1 Tipo A Plana.

Las varillas, tuercas y arandelas HAS-E cuentan con una cobertura de galvanizado que cumple con ASTM B633, SC 1.

Especificaciones de la varilla roscada HAS SUPER

Las varillas roscadas de acero de carbono están fabricadas con ASTM A193, Grado B7, con una resistencia mínima a la tracción (f_u) de 125 ksi (862 MPa) y una resistencia mínima a la fluencia (f_y) de 105 ksi (724 MPa).

Las tuercas tipo HAS SUPER cumplen con SAE J995 Grado 5.

Las arandelas tipo HAS SUPER cumplen con ASTM F884, HV, y ANSI B18.22.1 Tipo A Plana.

Las varillas, tuercas y arandelas HAS SUPER, a excepción de las de 7/8-pulg. de diámetro, cuentan con una cobertura de galvanizado que cumple con ASTM B633, SC 1.

Las Varillas, tuercas y arandelas HAS SUPER de 7/8-pulg. están galvanizados por inmersión en caliente, de acuerdo con ASTM A153.

Especificaciones de la varilla roscada de acero inoxidable HAS-R 304

Las varillas de 3/8-, 1/2- y 5/8-pulg. están fabricadas con acero inoxidable AISI Tipo 304, con una resistencia mínima a la tracción (f_u) de 100 ksi (689 MPa) y una resistencia mínima de fluencia de 65 ksi (448 MPa).

Las varillas de 3/4-, 1- y 1 1/4-pulg. están fabricadas con acero inoxidable AISI Tipo 304 que cumple con ASTM F593 Condición CW o roloado en frío.

Las tuercas de acero inoxidable AISI Tipo 304 cumplen con ASTM F594.

Las arandelas de acero inoxidable AISI Tipo 304 cumplen con ASTM A240 y ANSI B18.22.1 Tipo A Plana.

Especificaciones de la varilla roscada de acero inoxidable HAS-R 316

Las varillas de 3/8-, 1/2- y 5/8-pulg. están fabricadas con acero inoxidable AISI Tipo 316, con una resistencia mínima a la tracción (f_u) de 100 ksi (689 MPa) y una resistencia mínima de fluencia (f_y) de 65 ksi (448 MPa).

Las varillas de 3/4-, 1- y 1 1/4-pulg. están fabricadas con acero inoxidable AISI Tipo 316 que cumple con ASTM F593 Condición CW.

Las tuercas de acero inoxidable AISI Tipo 316 cumplen con ASTM F594.

Las arandelas de acero inoxidable AISI Tipo 316 cumplen con ASTM A240 y ANSI B18.22.1 Tipo A Plana.

Sistema de anclaje adhesivo HIT-HY 200 3.2.3

Tabla 39 – Resistencia de diseño HIT-HY 200 con falla de concreto/adhesión para varillas roscadas en concreto no fisurado

1,2,3,4,5,6,7,8

Diámetro nominal del anclaje pulg.	Empotramiento efectivo pulg. (mm)	Tensión — ΦN_t or N_t				Corte — ΦV_n or V_n			
		$f'_c = 2500$ psi (17.2 MPa) lb (kN)	$f'_c = 3000$ psi (20.7 MPa) lb (kN)	$f'_c = 4000$ psi (27.6 MPa) lb (kN)	$f'_c = 6000$ psi (41.4 MPa) lb (kN)	$f'_c = 2500$ psi (17.2 MPa) lb (kN)	$f'_c = 3000$ psi (20.7 MPa) lb (kN)	$f'_c = 4000$ psi (27.6 MPa) lb (kN)	$f'_c = 6000$ psi (41.4 MPa) lb (kN)
3/8	2-3/8 (60)	2,855 (12.7)	3,125 (13.9)	3,415 (15.2)	3,620 (16.1)	3,075 (13.7)	3,370 (15.0)	3,680 (16.4)	3,900 (17.3)
	3-3/8 (86)	4,835 (21.5)	4,855 (21.6)	4,855 (21.6)	5,150 (22.9)	10,415 (46.3)	10,460 (46.5)	10,460 (46.5)	11,085 (49.3)
	4-1/2 (114)	6,475 (28.8)	6,475 (28.8)	6,475 (28.8)	6,865 (30.5)	13,945 (62.0)	13,945 (62.0)	13,945 (62.0)	14,785 (65.8)
	7-1/2 (191)	10,790 (48.0)	10,790 (48.0)	10,790 (48.0)	11,440 (50.9)	23,245 (103.4)	23,245 (103.4)	23,245 (103.4)	24,640 (109.6)
1/2	2-3/4 (70)	3,555 (15.8)	3,895 (17.3)	4,500 (20.0)	5,510 (24.5)	7,660 (34.1)	8,395 (37.3)	9,690 (43.1)	11,870 (52.8)
	4-1/2 (114)	7,445 (33.1)	8,155 (36.3)	8,635 (38.4)	9,150 (40.7)	16,035 (71.3)	17,570 (78.2)	18,595 (82.7)	19,710 (87.7)
	6 (152)	11,465 (51.0)	11,510 (51.2)	11,510 (51.2)	12,200 (54.3)	24,690 (109.8)	24,795 (110.3)	24,795 (110.3)	26,280 (116.9)
	10 (254)	19,185 (85.3)	19,185 (85.3)	19,185 (85.3)	20,335 (90.5)	41,320 (183.8)	41,320 (183.8)	41,320 (183.8)	43,800 (194.8)
5/8	3-1/8 (79)	4,310 (19.2)	4,720 (21.0)	5,450 (24.2)	6,675 (29.7)	9,280 (41.3)	10,165 (45.2)	11,740 (52.2)	14,380 (64.0)
	5-5/8 (143)	10,405 (46.3)	11,400 (50.7)	13,165 (58.6)	14,300 (63.6)	22,415 (99.7)	24,550 (109.2)	28,350 (126.1)	30,795 (137.0)
	7-1/2 (191)	16,020 (71.3)	17,550 (78.1)	17,985 (80.0)	19,065 (84.8)	34,505 (153.5)	37,800 (168.1)	38,740 (172.3)	41,065 (182.7)
	12-1/2 (318)	29,975 (133.3)	29,975 (133.3)	29,975 (133.3)	31,775 (141.3)	64,565 (287.2)	64,565 (287.2)	64,565 (287.2)	68,440 (304.4)
3/4	3-1/2 (89)	5,105 (22.7)	5,595 (24.9)	6,460 (28.7)	7,910 (35.2)	11,000 (48.9)	12,050 (53.6)	13,915 (61.9)	17,040 (75.8)
	6-3/4 (171)	13,680 (60.9)	14,985 (66.7)	17,305 (77.0)	20,590 (91.6)	29,460 (131.0)	32,275 (143.6)	37,265 (165.8)	44,350 (197.3)
	9 (229)	21,060 (93.7)	23,070 (102.6)	25,900 (115.2)	27,455 (122.1)	45,360 (201.8)	49,690 (221.0)	55,785 (248.1)	59,130 (263.0)
	15 (381)	43,165 (192.0)	43,165 (192.0)	43,165 (192.0)	45,755 (203.5)	92,975 (413.6)	92,975 (413.6)	92,975 (413.6)	98,550 (438.4)
7/8	3-1/2 (89)	5,105 (22.7)	5,595 (24.9)	6,460 (28.7)	7,910 (35.2)	11,000 (48.9)	12,050 (53.6)	13,915 (61.9)	17,040 (75.8)
	7-7/8 (200)	17,235 (76.7)	18,885 (84.0)	21,805 (97.0)	26,705 (118.8)	37,125 (165.1)	40,670 (180.9)	46,960 (208.9)	57,515 (255.8)
	10-1/2 (267)	26,540 (118.1)	29,070 (129.3)	33,570 (149.3)	37,365 (166.2)	57,160 (254.3)	62,615 (278.5)	72,300 (321.6)	80,485 (358.0)
	17-1/2 (445)	57,100 (254.0)	58,755 (261.4)	58,755 (261.4)	62,280 (277.0)	122,990 (547.1)	126,545 (562.9)	126,545 (562.9)	134,140 (596.7)
1	4 (102)	6,240 (27.8)	6,835 (30.4)	7,895 (35.1)	9,665 (43.0)	13,440 (59.8)	14,725 (65.5)	17,000 (75.6)	20,820 (92.6)
	9 (229)	21,060 (93.7)	23,070 (102.6)	26,640 (118.5)	32,625 (145.1)	45,360 (201.8)	49,690 (221.0)	57,375 (255.2)	70,270 (312.6)
	12 (305)	32,425 (144.2)	35,520 (158.0)	41,015 (182.4)	48,805 (217.1)	69,835 (310.6)	76,500 (340.3)	88,335 (392.9)	105,120 (467.6)
	20 (508)	69,765 (310.3)	76,425 (340.4)	76,740 (341.4)	81,345 (361.8)	150,265 (668.4)	164,605 (732.2)	165,285 (735.2)	175,205 (779.3)
1-1/4	5 (127)	8,720 (38.8)	9,555 (42.5)	11,030 (49.1)	13,510 (60.1)	18,785 (83.6)	20,575 (91.5)	23,760 (105.7)	29,100 (129.4)
	11-1/4 (286)	29,430 (130.9)	32,240 (143.4)	37,230 (165.6)	45,595 (202.8)	63,395 (282.0)	69,445 (308.9)	80,185 (356.7)	98,205 (436.8)
	15 (381)	45,315 (201.6)	49,640 (220.8)	57,320 (255.0)	70,200 (312.3)	97,600 (434.1)	106,915 (475.6)	123,455 (549.2)	151,200 (672.6)
	25 (635)	97,500 (433.7)	106,805 (475.1)	119,905 (533.4)	127,100 (565.4)	210,000 (934.1)	230,045 (1023.3)	258,260 (1148.8)	273,755 (1217.7)

- 1 Consulte la sección 3.1.7 para obtener la explicación sobre el desarrollo de los valores de carga.
- 2 Consulte la sección 3.1.7.3 para convertir el valor de la resistencia de diseño (resistencia factorizada) al valor ASD.
- 3 No se permite la interpolación lineal entre las profundidades de empotramiento y los esfuerzos de compresión del concreto.
- 4 Aplique factores de espaciado, distancia a los bordes y espesor del concreto de las tablas 42 – 55 como sea necesario a los valores anteriores. CoMPare con los valores del acero en la tabla 41. El menor de los valores es el que debe utilizarse para el diseño.
- 5 Los datos son para el rango de temperatura A: máx. temperatura a corto plazo = 130 °F (55 °C), máx. temperatura a largo plazo 110 °F (43 °C).
Para el rango de temperatura B: máx. temperatura a corto plazo = 176 °F (80 °C), máx. temperatura a largo plazo 110 °F (43 °C), multiplique el valor de la parte superior por 0.92.
Para el rango de temperatura C: máx. temperatura a corto plazo = 248 °F (120 °C), máx. temperatura a largo plazo 162 °F (72 °C), multiplique el valor de la parte superior por 0.78.
Las temperaturas elevadas del concreto a corto plazo son aquellas que ocurren en intervalos breves, p.e., como resultado del ciclo diario. Las temperaturas del concreto a largo plazo son más o menos constantes durante periodos de tiempo significativos.
- 6 Los valores de las tablas están considerados en condiciones de concreto seco. Para concreto saturado, multiplique la resistencia de diseño (resistencia factorizada) por 0.85.
- 7 Los valores de las tablas están considerados para cargas a corto plazo. Para cargas constantes, incluyendo su uso en lugares elevados, consulte la sección 3.1.7.5.
- 8 Los valores de las tablas están considerados para concreto de peso regular. Para concreto liviano, multiplique la resistencia de diseño (resistencia factorizada) por λ_c de la siguiente manera:
Para concreto liviano inorgánico, $\lambda_c = 0.51$. Para cualquier concreto liviano, $\lambda_c = 0.45$.

Sistema de anclaje adhesivo HIT-HY 200 3.2.3

Tabla 41 - Resistencia de diseño del acero para varillas roscadas HAS ¹

Diámetro nominal del anclaje pulg.	HAS-E ²			HAS SUPER ASTM A193 B7 ²			HAS SS AISI 304/316 SS ²		
	Tensión ³ ϕN_{sa} lb (kN)	Corte ⁴ ϕV_{sa} lb (kN)	Corte Sísmico ⁵ ϕV_{sa} lb (kN)	Tensión ³ ϕN_{sa} lb (kN)	Corte ⁴ ϕV_{sa} lb (kN)	Corte Sísmico ⁵ ϕV_{sa} lb (kN)	Tensión ³ ϕN_{sa} lb (kN)	Corte ⁴ ϕV_{sa} lb (kN)	Corte Sísmico ⁵ ϕV_{sa} lb (kN)
3/8	3,655 (16.3)	1,685 (7.5)	1,180 (5.2)	7,265 (32.3)	3,150 (14.0)	2,205 (9.8)	5,040 (22.4)	2,325 (10.3)	1,630 (7.3)
1/2	6,690 (29.8)	3,705 (16.5)	2,595 (11.5)	13,300 (59.2)	6,915 (30.8)	4,840 (21.5)	9,225 (41.0)	5,110 (22.7)	3,575 (15.9)
5/8	10,650 (47.4)	5,900 (26.2)	4,130 (18.4)	21,190 (94.3)	11,020 (49.0)	7,715 (34.3)	14,690 (65.3)	8,135 (36.2)	5,695 (25.3)
3/4	15,765 (70.1)	8,730 (38.8)	6,110 (27.2)	31,360 (139.5)	16,305 (72.5)	11,415 (50.8)	18,480 (82.2)	10,235 (45.5)	7,165 (31.9)
7/8	21,755 (96.8)	12,050 (53.6)	8,435 (37.5)	43,285 (192.5)	22,505 (100.1)	15,755 (70.1)	25,510 (113.5)	14,125 (62.8)	9,890 (44.0)
1	28,540 (127.0)	15,805 (70.3)	11,065 (49.2)	56,785 (252.6)	29,525 (131.3)	20,670 (91.9)	33,465 (148.9)	18,535 (82.4)	12,975 (57.7)
1-1/4	45,670 (203.1)	25,295 (112.5)	17,705 (78.8)	90,850 (404.1)	47,240 (210.1)	33,070 (147.1)	53,540 (238.2)	29,655 (131.9)	20,760 (92.3)

1 Consulte la sección 3.1.7.3 para convertir el valor de resistencia de diseño (resistencia factorizada) al valor ASD.

2 La varillas HAS SUPER deben considerarse como elementos de acero dúctil. Las varillas HAS-E y HAS SS deben considerarse como elementos de acero frágil.

3 Tensión = $\phi A_{sa,N} f_{sa}$ como se indica en ACI 318 Capítulo 17

4 Corte = $\phi 0.60 A_{sa,N} f_{sa}$ como se indica en ACI 318 Capítulo 17

5 Los valores de corte sísmico se determinan al multiplicar ϕV_{sa} x $\alpha_{V_{sa}}$. Consulte la sección 3.1.7.4 para información adicional sobre las aplicaciones sísmicas.



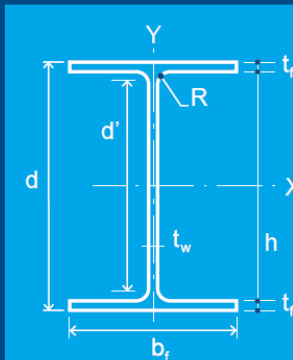
ANEXO N°3 FACTORES DE FORMA

TABLA 3.7.4
FACTORES DE FORMA (C) *

CONSTRUCCIÓN	BARLOVENTO	SOTAVENTO
Superficies verticales de edificios	+0,8	-0,6
Anuncios, muros aislados, elementos con una dimensión corta en el sentido del viento	+1,5	
Tanques de agua, chimeneas y otros de sección circular o elíptica	+0,7	
Tanques de agua, chimeneas, y otros de sección cuadrada o rectangular	+2,0	
Arcos y cubiertas cilíndricas con un ángulo de inclinación que no exceda 45°	±0,8	-0,5
Superficies inclinadas a 15° o menos	+0,3 -0,7	-0,6
Superficies inclinadas entre 15° y 60°	+0,7 -0,3	-0,6
Superficies inclinadas entre 60° y la vertical	+0,8	-0,6
Superficies verticales ó inclinadas(planas ó curvas) paralelas a la dirección del viento	-0,7	-0,7
* El signo positivo indica presión y el negativo succión.		



ANEXO N°4 FICHA TECNICA DE PERFILES WT



NOTAS

- 1) *producidas a pedido
- 2) Variación de masa lineal: +3~-2,5% para medidas con masa lineal menor que 148kg/m o +/-2,5% para las demás medidas
- 3) Materiales certificados para uso naval, producidos a pedido.

PROPIEDADES MECÁNICAS

	Límite de Fluencia (MPa)	Límite de Resistencia (MPa)	Alargamiento después ruptura (%)
ASTM A 572 Grado 50	345 min.	450 min.	18 min.
ASTM A 572 Grado 60*	415 min.	520 min.	16 min.
ASTM A 992*	345 a 450	450 min.	18 min.
ACERO COR 500*	370 min.	500 min.	18 min.
ASTM A 131 AH32*	315 min.	440 a 590 min.	19 min.
ASTM A 131 AH36*	355 min.	490 a 620 min.	19 min.

*Material certificado de garantía de calidad. Con sello IRAM-INTI (F36 según norma IRAM IAS U 500 503)

NOMENCLATURA

Designación	Descripción
d	altura
b _f	ancho del ala
t _w	espesor del alma
t _f	espesor del ala
h	altura interna
d'	altura libre del alma
Área	área de la sección
R	radio de empalme
I	momento de inercia
W	módulo de resistencia
r	radio de giro
Z	módulo de resistencia plástico
r	radio de giro en relación al eje Y-Y de la T formada por el área del ala más 1/6 del área del alma
I _t	momento de inercia a torsión
C _w	módulo del alabeo
u	área superficial por metro lineal
L _b	longitud lateralmente no arriostrada límite para desarrollar la capacidad de plastificación total por flexión
L _r	longitud lateralmente no arriostrada límite para pandeo lateral torsional inelástico

RESISTENCIA A FLEXIÓN

$M_u \leq M_d = 0.90 M_n = 0.90 \text{ MIN } (M_n WLT; M_n FLB; M_n LTB)$	
M _n WLB	Resistencia nominal a flexión por pandeo local del alma. No aplica
M _n FLB	Resistencia nominal a flexión por pandeo local del ala. Según tabla. Con C _b ≥ 1
M _n LTB	Resistencia nominal a flexión por pandeo lateral torsional. Función de L _b
L _b	Distancia entre puntos de arriostamiento
Si L _b ≤ L _p	M _n LTB = M _p
Si L _p < L _b ≤ L _r	M _n LTB = MIN (C _b [M _p - (M _p - M _r) (L _b - L _p) / (L _r - L _p)] ; M _p)
Si L _b > L _r	M _n LTB = MIN (M _{cr} ; M _p) ver CIRSOC 301 (2005) F.1.13 o F.1.13a

RESISTENCIA A COMPRESIÓN

$P_u \leq P_d = 0.85 P_n$ función de Q	
El factor de reducción por pandeo local Q = Q _s Q _a	
El valor Q _s = 1 excepto para el perfil HP310x79.0	
Para Q _a en CIRSOC 301 (2005) A-B.5.12 se consideró del lado de la seguridad $f = F_y$	

Medida mm x kg/m	Masa Lineal kg/m	d mm	b ₁ mm	Espesor		h mm	d' mm	Área cm ²	Eje X - X				Eje Y - Y				Calibre in x lb/ft
				t ₁ mm	t ₂ mm				I _x cm ⁴	W _x cm ³	r _x cm	Z _x cm ³	I _y cm ⁴	W _y cm ³	r _y cm	Z _y cm ³	
W 150 x 13,0	13,0	148	100	4,3	4,9	138	118	16,6	635	85,8	6,18	96,4	82	16,4	2,22	25,5	W 6 x 8,5
W 150 x 18,0	18,0	153	102	5,8	7,1	139	119	23,4	939	122,8	6,34	139,4	126	24,7	2,32	38,5	W 6 x 12
W 150 x 22,5 (H)	22,5	152	152	5,8	6,6	139	119	29,0	1.229	161,7	6,51	179,6	387	50,9	3,65	77,9	W 6 x 15
W 150 x 24,0	24,0	160	102	6,6	10,3	139	115	31,5	1.384	173,0	6,63	197,6	183	35,9	2,41	55,8	W 6 x 16
W 150 x 29,8 (H)	29,8	157	153	6,6	9,3	138	118	38,5	1.739	221,5	6,72	247,5	566	72,6	3,80	110,8	W 6 x 20
W 150 x 37,1 (H)	37,1	162	154	8,1	11,6	139	119	47,8	2.244	277,0	6,85	313,5	707	91,8	3,84	140,4	W 6 x 25
W 200 x 15,0	15,0	200	100	4,3	5,2	190	170	19,4	1.305	130,5	8,20	147,9	87	17,4	2,12	27,3	W 8 x 10
W 200 x 19,3	19,3	203	102	5,8	6,5	190	170	25,1	1.686	166,1	8,19	190,6	116	22,7	2,14	35,9	W 8 x 13
W 200 x 22,5	22,5	206	102	6,2	8,0	190	170	29,0	2.029	197,0	8,37	225,5	142	27,9	2,22	43,9	W 8 x 15
W 200 x 26,6	26,6	207	133	5,8	8,4	190	170	34,2	2.611	252,3	8,73	282,3	330	49,6	3,10	76,3	W 8 x 18
W 200 x 31,3	31,3	210	134	6,4	10,2	190	170	40,3	3.168	301,7	8,86	338,6	410	61,2	3,19	94,0	W 8 x 21
W 200 x 35,9 (H)	35,9	201	165	6,2	10,2	181	161	45,7	3.437	342,0	8,67	379,2	764	92,6	4,09	141,0	W 8 x 24
W 200 x 41,7 (H)	41,7	205	166	7,2	11,8	181	157	53,5	4.114	401,4	8,77	448,6	901	108,5	4,10	165,7	W 8 x 28
W 200 x 46,1 (H)	46,1	203	203	7,2	11,0	181	161	58,6	4.543	447,6	8,81	495,3	1.535	151,2	5,12	229,5	W 8 x 31
W 200 x 52,0 (H)	52,0	206	204	7,9	12,6	181	157	66,9	5.298	514,4	8,90	572,5	1.784	174,9	5,16	265,8	W 8 x 35
HP 200 x 53,0 (H)	53,0	204	207	11,3	11,3	181	161	68,1	4.977	488,0	8,55	551,3	1.673	161,7	4,96	248,6	HP 8 x 36
W 200 x 59,0 (H)	59,0	210	205	9,1	14,2	182	158	76,0	6.140	584,8	8,99	655,9	2.041	199,1	5,18	303,0	W 8 x 40
W 200 x 71,0 (H)	71,0	216	206	10,2	17,4	181	161	91,0	7.660	709,2	9,17	803,2	2.537	246,3	5,28	374,5	W 8 x 48
W 200 x 86,0 (H)	86,0	222	209	13,0	20,6	181	157	110,9	9.498	855,7	9,26	984,2	3.139	300,4	5,32	458,7	W 8 x 58
W 200 x 100,0 (H)*	100,0	229	210	14,5	23,7	182	158	127,1	11.355	991,7	9,45	1152,2	3.664	349,0	5,37	533,4	W 8 x 67
W 250 x 17,9	17,9	251	101	4,8	5,3	240	220	23,1	2.291	182,6	9,96	211,0	91	18,1	1,99	28,8	W 10 x 12
W 250 x 22,3	22,3	254	102	5,8	6,9	240	220	28,9	2.939	231,4	10,09	267,7	123	24,1	2,06	38,4	W 10 x 15
W 250 x 25,3	25,3	257	102	6,1	8,4	240	220	32,6	3.473	270,2	10,31	311,1	149	29,3	2,14	46,4	W 10 x 17
W 250 x 28,4	28,4	260	102	6,4	10,0	240	220	36,6	4.046	311,2	10,51	357,3	178	34,8	2,20	54,9	W 10 x 19
W 250 x 32,7	32,7	258	146	6,1	9,1	240	220	42,1	4.937	382,7	10,83	428,5	473	64,8	3,35	99,7	W 10 x 22
W 250 x 38,5	38,5	262	147	6,6	11,2	240	220	49,6	6.057	462,4	11,05	517,8	594	80,8	3,46	124,1	W 10 x 26
W 250 x 44,8	44,8	266	148	7,6	13,0	240	220	57,6	7.158	538,2	11,15	606,3	704	95,1	3,50	146,4	W 10 x 30
HP 250 x 62,0 (H)	62,0	246	256	10,5	10,7	225	201	79,6	8.728	709,6	10,47	790,5	2.995	234,0	6,13	357,8	HP 10 x 42
W 250 x 73,0 (H)	73,0	253	254	8,6	14,2	225	201	92,7	11.257	889,9	11,02	983,3	3.880	305,5	6,47	463,1	W 10 x 49
W 250 x 80,0 (H)	80,0	256	255	9,4	15,6	225	201	101,9	12.550	980,5	11,10	1088,7	4.313	338,3	6,51	513,1	W 10 x 54
HP 250 x 85,0 (H)	85,0	254	260	14,4	14,4	225	201	108,5	12.280	966,9	10,64	1093,2	4.225	325,0	6,24	499,6	HP 10 x 57
W 250 x 89,0 (H)	89,0	260	256	10,7	17,3	225	201	113,9	14.237	1095,1	11,18	1224,4	4.841	378,2	6,52	574,3	W 10 x 60
W 250 x 101,0 (H)	101,0	264	257	11,9	19,6	225	201	128,7	16.352	1238,8	11,27	1395,0	5.549	431,8	6,57	656,3	W 10 x 68
W 250 x 115,0 (H)	115,0	269	259	13,5	22,1	225	201	146,1	18.920	1406,7	11,38	1597,4	6.405	494,6	6,62	752,7	W 10 x 77
W 250 x 131,0 (H)*	131,0	275	261	15,4	25,1	225	193	167,8	22.243	1617,7	11,51	1855,6	7.448	570,7	6,66	870,7	W 10 x 88
W 250 x 149,0 (H)*	149,0	282	263	17,3	28,4	225	193	190,5	26.027	1845,9	11,69	2137,5	8.624	655,8	6,73	1001,7	W 10 x 100
W 250 x 167,0 (H)*	167,0	289	265	19,2	31,8	225	193	214,0	30.110	2083,7	11,86	2435,3	9.880	745,7	6,79	1140,2	W 10 x 112

ANEXO N°5 TABLA DE REACCIONES DOMO TIPO 1

TABLE: Joint Reactions		Joint							
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	Text	Lb	Lb	Lb	Lb-in	Lb-in	Lb-in
83	DEAD	LinStatic		3796.85	4.123E-11	24176.2	-3.652E-10	-11992.29	8.372E-11
83	U3	Combination		7339.28	8326.71	53788.95	-8206.21	63523.97	1032.73
83	U4	Combination		4452.76	13530.9	39100.69	-13335.1	64774.14	1678.19
83	U5x	Combination	Max	4605.57	810.04	29214.69	269.62	14159.77	62.03
83	U5x	Combination	Min	4506.86	-810.04	28808.2	-269.62	14621.73	-62.03
83	U5y	Combination	Max	4620.17	625.13	29274.8	208.07	14091.46	47.85
83	U5y	Combination	Min	4492.26	-625.13	28748.1	-208.07	14690.04	-47.85
83	COMBINACION DE SERVICIO	Combination		5072.85	10408.38	40779.42	-10257.77	59381.16	1290.91
242	DEAD	LinStatic		2278.95	9.79E-13	16749.87	9.636E-11	10874.4	-1.428E-11
242	U3	Combination		4543.53	376.21	37453.22	-11050.58	6477.42	1497.21
242	U4	Combination		2971.73	611.35	26797.32	-17957.19	-3458.75	2432.97
242	U5x	Combination	Max	2772.99	0.96	20381.53	128.98	13260.83	17.08
242	U5x	Combination	Min	2696.5	-0.96	19818.17	-128.98	12837.73	-17.08
242	U5y	Combination	Max	2768.56	1.09	20348.82	146.61	13237.36	19.41
242	U5y	Combination	Min	2700.93	-1.09	19850.88	-146.61	12861.2	-19.41
242	COMBINACION DE SERVICIO	Combination		3253.13	470.27	28202.65	-13813.22	-116.02	1871.52
248	DEAD	LinStatic		3796.85	2.643E-11	24176.2	-9.058E-10	-11992.29	5.843E-11
248	U3	Combination		8465.52	15265.02	54664.87	-31601.27	35413.84	14353.65
248	U4	Combination		6282.9	24805.65	40524.07	-51352.07	19095.17	23324.68
248	U5x	Combination	Max	4624.63	544.81	29293.16	181.31	14070.75	42.18
248	U5x	Combination	Min	4487.8	-544.81	28729.73	-181.31	14710.75	-42.18
248	U5y	Combination	Max	4599.18	866.1	29188.36	288.3	14189.44	66.01
248	U5y	Combination	Min	4513.26	-866.1	28834.54	-288.3	14592.06	-66.01
248	COMBINACION DE SERVICIO	Combination		6480.65	19081.27	41874.33	-39501.59	24243.48	17942.06

254	DEAD	LinStatic		2278.95	-5.14E-12	16749.87	-4.156E-11	10874.4	9.617E-12
254	U3	Combination		5700.55	376.21	40395.92	-11050.58	30399.57	1497.21
254	U4	Combination		4851.88	611.35	31579.22	-17957.19	35414.75	2432.97
254	U5x	Combination	Max	2778.68	0.74	20423.41	99.01	13292.47	13.11
254	U5x	Combination	Min	2690.81	-0.74	19776.29	-99.01	12806.09	-13.11
254	U5y	Combination	Max	2760.74	1.25	20291.26	168.31	13194.14	22.29
254	U5y	Combination	Min	2708.75	-1.25	19908.44	-168.31	12904.42	-22.29
254	COMBINACION DE SERVICIO	Combination		4699.4	470.27	31881.04	-13813.22	29786.67	1871.52
260	DEAD	LinStatic		3796.85	2.24E-12	24176.2	-4.06E-10	-11992.29	3.373E-11
260	U3	Combination		9591.75	8326.71	55540.8	-8206.21	-7303.7	1032.73
260	U4	Combination		8113.03	13530.9	41947.45	-13335.1	26583.8	1678.19
260	U5x	Combination	Max	4620.17	625.13	29274.8	208.07	14091.46	47.85
260	U5x	Combination	Min	4492.26	-625.13	28748.1	-208.07	14690.04	-47.85
260	U5y	Combination	Max	4605.57	810.04	29214.69	269.62	14159.77	62.03
260	U5y	Combination	Min	4506.86	-810.04	28808.2	-269.62	14621.73	-62.03
260	COMBINACION DE SERVICIO	Combination		7888.44	10408.38	42969.23	-10257.77	10894.19	1290.91
266	DEAD	LinStatic		2278.95	5.507E-12	16749.87	6.565E-11	10874.4	-1.264E-11
266	U3	Combination		6221.72	5.95	43124.78	-769.55	35769.86	100.64
266	U4	Combination		5698.79	9.66	36013.61	-1250.52	44141.47	163.54
266	U5x	Combination	Max	2768.56	1.09	20348.82	146.61	13237.36	19.41
266	U5x	Combination	Min	2700.93	-1.09	19850.88	-146.61	12861.2	-19.41
266	U5y	Combination	Max	2772.99	0.96	20381.53	128.98	13260.83	17.08
266	U5y	Combination	Min	2696.5	-0.96	19818.17	-128.98	12837.73	-17.08
266	COMBINACION DE SERVICIO	Combination		5350.87	7.43	35292.11	-961.94	36499.53	125.8
272	DEAD	LinStatic		3796.85	-1.983E-11	24176.2	-4.927E-10	-11992.29	1.048E-10
272	U3	Combination		9642.82	-5.385E-11	56887.75	-1.156E-09	-8077.5	2.544E-10
272	U4	Combination		8196.01	-4.539E-11	44136.25	-9.675E-10	25326.38	2.4E-10
272	U5x	Combination	Max	4599.18	866.1	29188.36	288.3	14189.44	66.01
272	U5x	Combination	Min	4513.26	-866.1	28834.54	-288.3	14592.06	-66.01
272	U5y	Combination	Max	4624.63	544.81	29293.16	181.31	14070.75	42.18
272	U5y	Combination	Min	4487.8	-544.81	28729.73	-181.31	14710.75	-42.18

272	COMBINACION DE SERVICIO	Combination		7952.27	-4.442E-11	44652.92	-9.407E-10	9926.94	2.204E-10
278	DEAD	LinStatic		2278.95	1.224E-13	16749.87	2.174E-10	10874.4	-3.077E-11
278	U3	Combination		6221.72	-5.95	43124.78	769.55	35769.86	-100.64
278	U4	Combination		5698.79	-9.66	36013.61	1250.52	44141.47	-163.54
278	U5x	Combination	Max	2760.74	1.25	20291.26	168.31	13194.14	22.29
278	U5x	Combination	Min	2708.75	-1.25	19908.44	-168.31	12904.42	-22.29
278	U5y	Combination	Max	2778.68	0.74	20423.41	99.01	13292.47	13.11
278	U5y	Combination	Min	2690.81	-0.74	19776.29	-99.01	12806.09	-13.11
278	COMBINACION DE SERVICIO	Combination		5350.87	-7.43	35292.11	961.94	36499.53	-125.8
284	DEAD	LinStatic		3796.85	-5.339E-11	24176.2	-5.832E-10	-11992.29	8.553E-11
284	U3	Combination		9591.75	-8326.71	55540.8	8206.21	-7303.7	-1032.73
284	U4	Combination		8113.03	-13530.9	41947.45	13335.1	26583.8	-1678.19
284	U5x	Combination	Max	4605.57	810.04	29214.69	269.62	14159.77	62.03
284	U5x	Combination	Min	4506.86	-810.04	28808.2	-269.62	14621.73	-62.03
284	U5y	Combination	Max	4620.17	625.13	29274.8	208.07	14091.46	47.85
284	U5y	Combination	Min	4492.26	-625.13	28748.1	-208.07	14690.04	-47.85
284	COMBINACION DE SERVICIO	Combination		7888.44	-10408.38	42969.23	10257.77	10894.19	-1290.91
290	DEAD	LinStatic		2278.95	-8.2E-12	16749.87	8.01E-11	10874.4	-5.781E-12
290	U3	Combination		5700.55	-376.21	40395.92	11050.58	30399.57	-1497.21
290	U4	Combination		4851.88	-611.35	31579.22	17957.19	35414.75	-2432.97
290	U5x	Combination	Max	2772.99	0.96	20381.53	128.98	13260.83	17.08
290	U5x	Combination	Min	2696.5	-0.96	19818.17	-128.98	12837.73	-17.08
290	U5y	Combination	Max	2768.56	1.09	20348.82	146.61	13237.36	19.41
290	U5y	Combination	Min	2700.93	-1.09	19850.88	-146.61	12861.2	-19.41
290	COMBINACION DE SERVICIO	Combination		4699.4	-470.27	31881.04	13813.22	29786.67	-1871.52
296	DEAD	LinStatic		3796.85	-7.588E-12	24176.2	-4.842E-10	-11992.29	6.204E-11
296	U3	Combination		8465.52	-15265.02	54664.87	31601.27	35413.84	14353.65
296	U4	Combination		6282.9	-24805.65	40524.07	51352.07	19095.17	23324.68
296	U5x	Combination	Max	4624.63	544.81	29293.16	181.31	14070.75	42.18
296	U5x	Combination	Min	4487.8	-544.81	28729.73	-181.31	14710.75	-42.18
296	U5y	Combination	Max	4599.18	866.1	29188.36	288.3	14189.44	66.01

296	U5y	Combination	Min	4513.26	-866.1	28834.54	-288.3	-	14592.06	-66.01
296	COMBINACION DE SERVICIO	Combination		6480.65	-19081.27	41874.33	39501.59	-	24243.48	-
302	DEAD	LinStatic		2278.95	-2.448E-12	16749.87	-7.83E-12	10874.4	3.388E-12	
302	U3	Combination		4543.53	-376.21	37453.22	11050.58	6477.42	-1497.21	
302	U4	Combination		2971.73	-611.35	26797.32	17957.19	-3458.75	-2432.97	
302	U5x	Combination	Max	2778.68	0.74	20423.41	99.01	13292.47	13.11	
302	U5x	Combination	Min	2690.81	-0.74	19776.29	-99.01	12806.09	-13.11	
302	U5y	Combination	Max	2760.74	1.25	20291.26	168.31	13194.14	22.29	
302	U5y	Combination	Min	2708.75	-1.25	19908.44	-168.31	12904.42	-22.29	
302	COMBINACION DE SERVICIO	Combination		3253.13	-470.27	28202.65	13813.22	-116.02	-1871.52	
308	DEAD	LinStatic		3796.85	3.17E-11	24176.2	-1.077E-09	-	11992.29	1.687E-11
308	U3	Combination		7339.28	-8326.71	53788.95	8206.21	-	63523.97	-1032.73
308	U4	Combination		4452.76	-13530.9	39100.69	13335.1	-	64774.14	-1678.19
308	U5x	Combination	Max	4620.17	625.13	29274.8	208.07	-	14091.46	47.85
308	U5x	Combination	Min	4492.26	-625.13	28748.1	-208.07	-	14690.04	-47.85
308	U5y	Combination	Max	4605.57	810.04	29214.69	269.62	-	14159.77	62.03
308	U5y	Combination	Min	4506.86	-810.04	28808.2	-269.62	-	14621.73	-62.03
308	COMBINACION DE SERVICIO	Combination		5072.85	-10408.38	40779.42	10257.77	-	59381.16	-1290.91
314	DEAD	LinStatic		2278.95	5.63E-12	16749.87	-4.818E-12	10874.4	-2.576E-12	
314	U3	Combination		4022.36	-5.95	34724.36	769.55	1107.13	-100.64	
314	U4	Combination		2124.82	-9.66	22362.93	1250.52	-	12185.46	-163.54
314	U5x	Combination	Max	2768.56	1.09	20348.82	146.61	13237.36	19.41	
314	U5x	Combination	Min	2700.93	-1.09	19850.88	-146.61	12861.2	-19.41	
314	U5y	Combination	Max	2772.99	0.96	20381.53	128.98	13260.83	17.08	
314	U5y	Combination	Min	2696.5	-0.96	19818.17	-128.98	12837.73	-17.08	
314	COMBINACION DE SERVICIO	Combination		2601.66	-7.43	24791.59	961.94	-6828.88	-125.8	
320	DEAD	LinStatic		3796.85	1.713E-11	24176.2	-6.468E-10	-	11992.29	2.771E-11
320	U3	Combination		7288.21	5.365E-11	52442	-1.252E-09	-	62750.18	2.363E-10
320	U4	Combination		4369.78	5.737E-11	36911.9	-1.115E-09	-	63516.72	3.437E-10
320	U5x	Combination	Max	4599.18	866.1	29188.36	288.3	-	14189.44	66.01

320	U5x	Combination	Min	4513.26	-866.1	28834.54	-288.3	-14592.06	-66.01
320	U5y	Combination	Max	4624.63	544.81	29293.16	181.31	-14070.75	42.18
320	U5y	Combination	Min	4487.8	-544.81	28729.73	-181.31	14710.75	-42.18
320	COMBINACION DE SERVICIO	Combination		5009.02	5.042E-11	39095.73	-1.035E-09	-58413.91	2.722E-10
326	DEAD	LinStatic		2278.95	2.325E-12	16749.87	5.42E-12	10874.4	-1.873E-12
326	U3	Combination		4022.36	5.95	34724.36	-769.55	1107.13	100.64
326	U4	Combination		2124.82	9.66	22362.93	-1250.52	12185.46	163.54
326	U5x	Combination	Max	2760.74	1.25	20291.26	168.31	13194.14	22.29
326	U5x	Combination	Min	2708.75	-1.25	19908.44	-168.31	12904.42	-22.29
326	U5y	Combination	Max	2778.68	0.74	20423.41	99.01	13292.47	13.11
326	U5y	Combination	Min	2690.81	-0.74	19776.29	-99.01	12806.09	-13.11
326	COMBINACION DE SERVICIO	Combination		2601.66	7.43	24791.59	-961.94	-6828.88	125.8



ANEXO N°6 TABLA DE REACCIONES DOMO TIPO 2

TABLE: Joint Reactions		Joint							
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	Text	Lb	Lb	Lb	Lb-in	Lb-in	Lb-in
62	U3	Combination		1418.43	-312	41856.29	28534.01	-38709.58	-20.95
62	U4	Combination		462.57	-1838.63	22205.88	52675.88	-71616.02	-28.59
62	U5x	Combination	Max	924.5	758.52	20441.61	5461.24	-7155.63	7.9
62	U5x	Combination	Min	646.61	377.13	19864.78	5215.03	-7472.34	-13.41
62	U5y	Combination	Max	976.25	830.09	20362.74	5445.99	-7190.88	11.91
62	U5y	Combination	Min	594.86	305.57	19943.65	5230.29	-7437.08	-17.42
62	COMBINACION DE SERVICIO	Combination		802.19	-1091.71	28106.6	38035.88	-51665.29	-23.26
63	U3	Combination		-989.83	2310	41518.24	45305.33	-19771	3146.12
63	U4	Combination		-3030.03	1221.88	21959.23	77302.01	-41033.81	3785.82
63	U5x	Combination	Max	804.32	1229.84	20222.25	10724.98	-2408.46	246.55
63	U5x	Combination	Min	329.26	964.55	19659.03	10408.27	-2652.98	222.07
63	U5y	Combination	Max	855.48	1268.5	20173.13	10716.41	-2438.97	244.68
63	U5y	Combination	Min	278.11	925.89	19708.15	10416.83	-2622.47	223.94
63	COMBINACION DE SERVICIO	Combination		-1981.69	1551.23	27853.48	57126.52	-28653.4	3273.03
64	U3	Combination		-5136.73	2143.95	42677.79	48202.87	-15036.17	-2820.26
64	U4	Combination		-8705.1	598.1	23850.71	86491.03	-19538.96	-3229.62
64	U5x	Combination	Max	503.97	1253.49	20194.75	10224.08	-4023.65	-234.9
64	U5x	Combination	Min	-114.17	1189.72	19680.73	9890.1	-4193.09	-253.97
64	U5y	Combination	Max	492.39	1262.49	20197.15	10232.01	-4036.18	-231.65
64	U5y	Combination	Min	-102.59	1180.72	19678.33	9882.17	-4180.56	-257.22
64	COMBINACION DE SERVICIO	Combination		-6614.55	1160.31	29306.7	62942.68	-15975.25	-2851.8
65	U3	Combination		-9119.31	-1536.36	45554.26	47100.37	-17840.99	8229.14
65	U4	Combination		-14120.98	-4672.57	28235.21	86644.27	-25739.23	13381.55
65	U5x	Combination	Max	2.9	1028.38	20363.1	8787.8	2927.14	9.45
65	U5x	Combination	Min	-598.17	827.31	19926.48	8499.34	2756.7	-19.28
65	U5y	Combination	Max	-63.39	1002.31	20426.6	8817.63	2934.9	6.2
65	U5y	Combination	Min	-531.88	853.38	19862.98	8469.52	2748.94	-16.03
65	COMBINACION DE SERVICIO	Combination		-11031.37	-3067.09	32739.65	62658.93	-21090.81	10291.39
66	U3	Combination		-11229.41	-6229.8	47544.26	32179.26	-28968.63	15678.28
66	U4	Combination		-16270.79	-12266.42	31774.08	61800.64	-46419.85	24147.44
66	U5x	Combination	Max	-612.41	1114.37	20147.77	5824.08	9414.2	247.21
66	U5x	Combination	Min	-1131.4	649.19	19714.72	5589.7	9172.13	224.24
66	U5y	Combination	Max	-683.08	1053.94	20225.26	5861.38	9429.58	246.95

66	U5y	Combination	Min	-1060.73	709.61	19637.22	5552.4	9156.74	224.5
66	COMBINACION DE SERVICIO	Combination		-12991.54	-8912.7	35397.87	44072.94	-37005.61	18936.56
67	U3	Combination		-7955.57	-8178.68	48951.25	24122.12	-52049.64	10977.94
67	U4	Combination		-10281.83	-14521.38	34064.08	36952.98	-75391.46	19184.88
67	U5x	Combination	Max	-968.52	859.71	20164.45	7131.9	8476.42	-228.21
67	U5x	Combination	Min	-1244.94	265.04	19695.1	6960.62	8165.86	-254.04
67	U5y	Combination	Max	-995.93	821.09	20209.53	7158.12	8485.16	-231.66
67	U5y	Combination	Min	-1217.53	303.66	19650.02	6934.39	8157.13	-250.59
67	COMBINACION DE SERVICIO	Combination		-8552.73	-10876.5	37158.52	28244.54	-61676.85	14391.95
68	U3	Combination		-3708.24	-5883.5	51800.14	6749.92	-58623.96	1242.85
68	U4	Combination		-3733.34	-9560.84	38397	10968.67	-84730.33	2019.66
68	U5x	Combination	Max	-963.44	269.47	20403.55	72.89	9298.53	12.24
68	U5x	Combination	Min	-991.74	-269.33	19875.91	-72.92	8950.62	-12.23
68	U5y	Combination	Max	-964.73	296.55	20379.45	80.22	9282.64	13.47
68	U5y	Combination	Min	-990.45	-296.41	19900.01	-80.25	8966.51	-13.46
68	COMBINACION DE SERVICIO	Combination		-3427.23	-7354.46	40553.43	8437.43	-69350.21	1553.58
69	U3	Combination		-2973.88	-4500.84	53330.56	16630.19	-50597.46	-848.25
69	U4	Combination		-2186.45	-6083.15	41180.58	29269.75	-73031.95	-2724.01
69	U5x	Combination	Max	-1002.37	-324.82	20223.1	-6941.15	8497.76	251.25
69	U5x	Combination	Min	-1211.21	-799.65	19636.39	-7151.43	8144.52	231.01
69	U5y	Combination	Max	-963.7	-247.63	20147.18	-6952.51	8461.92	253.54
69	U5y	Combination	Min	-1249.87	-876.84	19712.31	-7140.06	8180.37	228.72
69	COMBINACION DE SERVICIO	Combination		-2325.54	-4973.06	42632.72	22695.96	-59861.76	-1729.78
70	U3	Combination		-3425.46	-3082.71	53771.46	43741.51	-31172.26	972.53
70	U4	Combination		-3589.32	-2866.5	41893.67	61570.82	-50001.09	2910.14
70	U5x	Combination	Max	-677.54	-710.01	20224.47	-5561.11	9438.11	-225.51
70	U5x	Combination	Min	-1066.33	-1053.47	19637.78	-5852.51	9148.14	-245.83
70	U5y	Combination	Max	-616.6	-648.83	20148.57	-5578.86	9403.76	-223.24
70	U5y	Combination	Min	-1127.28	-1114.65	19713.68	-5834.76	9182.49	-248.11
70	COMBINACION DE SERVICIO	Combination		-3236.57	-2727.99	43182.07	50828.11	-39760.3	1876.95
71	U3	Combination		-4258.51	-2565.01	53161.27	54621.62	-18648.5	-238.32
71	U4	Combination		-6222.73	-1992.04	40597.46	78656.27	-27051.91	-395.57
71	U5x	Combination	Max	-39.85	-847.58	20408.34	-8484.24	2941.6	16.65
71	U5x	Combination	Min	-554.96	-1008.22	19880.75	-8804.72	2742.62	-7.75
71	U5y	Combination	Max	-16.6	-831.98	20384.29	-8485.06	2919.62	17.91
71	U5y	Combination	Min	-578.21	-1023.81	19904.79	-8803.89	2764.6	-9.01
71	COMBINACION DE SERVICIO	Combination		-4955.66	-2059.56	42248.85	64494.77	-22100.45	-302.38
72	U3	Combination		-6890.83	-5119.41	50716.75	54775.03	-14587.89	-3942.32

72	U4	Combination		-11556.25	-5433.45	36915.28	80853.83	-18808.79	-7757.55
72	U5x	Combination	Max	520.4	-1179.59	20172.05	-9900.97	-4029.11	256.48
72	U5x	Combination	Min	-130	-1263.47	19702.72	-10217.72	-4188.66	230.75
72	U5y	Combination	Max	474.97	-1191.05	20217.16	-9876.61	-4031.27	253.05
72	U5y	Combination	Min	-84.57	-1252.01	19657.61	-10242.08	-4186.51	234.18
72	COMBINACION DE SERVICIO	Combination		-8807.56	-4879.75	39356.04	65782.71	-15414.03	-5600.37
73	U3	Combination		-8271.04	-9009.88	49136.08	42106.96	-18221.44	-12773.11
73	U4	Combination		-14862.58	-12109.84	34340.96	64751.31	-38510.05	-19428.3
73	U5x	Combination	Max	868.23	-921.64	20156.23	-10434.09	-2433.11	-223.39
73	U5x	Combination	Min	265.88	-1272.22	19723.17	-10705.67	-2632.56	-246.29
73	U5y	Combination	Max	788.58	-969.58	20233.73	-10399.4	-2417	-223.63
73	U5y	Combination	Min	345.53	-1224.28	19645.67	-10740.35	-2648.67	-246.05
73	COMBINACION DE SERVICIO	Combination		-11083.52	-9926.42	37377.2	52143.21	-26713.47	-15306.05
74	U3	Combination		-5101.78	-10408.1	47169.95	33754.39	-38848.53	-12906.38
74	U4	Combination		-10132.38	-15581.31	30842.47	48548.31	-71834.7	-20979.23
74	U5x	Combination	Max	973.54	-312.9	20370.88	-5241.51	-7181.53	17.54
74	U5x	Combination	Min	597.28	-822.94	19934.26	-5439.16	-7452.08	-11.12
74	U5y	Combination	Max	927.83	-367.6	20434.39	-5209.89	-7168.74	14.3
74	U5y	Combination	Min	642.98	-768.23	19870.75	-5470.79	-7464.87	-7.87
74	COMBINACION DE SERVICIO	Combination		-7347.86	-12308.3	34749.66	39827.52	-51835.25	-16136.39
75	U3	Combination		-34.67	-8768.02	44181.21	16885.14	-50163.51	-3266.04
75	U4	Combination		-2900.79	-13690.19	26279.45	20158.94	-87841.82	-6650.11
75	U5x	Combination	Max	1289.04	107.4	20200.81	902.08	-10638.18	250.05
75	U5x	Combination	Min	1145.89	-497.34	19686.83	756.12	-10983.07	230.98
75	U5y	Combination	Max	1276.67	99.4	20203.25	920.79	-10645.09	253.31
75	U5y	Combination	Min	1158.26	-489.35	19684.38	737.41	-10976.16	227.72
75	COMBINACION DE SERVICIO	Combination		-1542.77	-10671.17	31178.43	17541.33	-64429.85	-4750.61
76	U3	Combination		2453.97	-3989.18	42655.5	5363.5	-48659.01	-3212.3
76	U4	Combination		1142.88	-7039.17	23798.41	15997.8	-85400.75	-3880.72
76	U5x	Combination	Max	1272.72	460.96	20226.09	-744.7	-10628.25	-227.04
76	U5x	Combination	Min	1162.51	-71.9	19662.89	-915.06	-10990.31	-251.4
76	U5y	Combination	Max	1292.39	521.75	20177.01	-749.4	-10653.15	-228.88
76	U5y	Combination	Min	1142.84	-132.7	19711.97	-910.37	-10965.41	-249.56
76	COMBINACION DE SERVICIO	Combination		1567.83	-5274.75	29270.37	10270.84	-62551.16	-3349.15